Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXI. Jahrgang. **Erstes Heft.** Januar 1908.

Zum Beginn des dritten Jahrzehnts.

Dem Herausgeber ist es vergönnt, die Zeitschrift wiederum in ein neues Jahrzehnt hinüberzuleiten. Er darf heute mit Genugtuung darauf hinweisen, daß manches von dem, was vor zwanzig Jahren im Programm der Zeitschrift ausgesprochen wurde, seither allgemeine Anerkennung gefunden hat. Dies gilt namentlich von dem humanistischen Charakter des physikalischen — und ebenso des chemischen — Unterrichts, insofern es sich hier nicht um Übermittlung bloßen Fachwissens handelt, sondern um eine Einführung in die Methode des wissenschaftlichen Denkens und Erkennens, und damit in die Entstehung des Wissens überhaupt. Demgemäß war es als Aufgabe des Physikunterrichtes bezeichnet worden, daß er die gedanklichen Prozesse darlegen solle, durch die physikalische Einsichten von jeher gewonnen worden sind und noch gewonnen werden. Die preußischen Lehrpläne von 1901 haben diesem Gedanken fast in derselben Form Ausdruck gegeben; sie fordern, der Schüler solle, soweit dies auf der Schule möglich sei, die Wege verstehen lernen, auf denen man zur Erkenntnis der Naturgesetze gelangt ist und gelangen kann.

Soll aber die Einführung in die Methode der Forschung wahrhaft fruchtbringend sein, so muß damit eine experimentelle Betätigung der Schüler selbst verbunden werden. Schon auf den ersten Seiten des ersten Jahrganges ist über eine Rede des amerikanischen Physikers Rowland berichtet worden, die von dem Werte des praktischen Arbeitens für die Erziehung handelt. Darin heißt es: „Aus der Beschäftigung mit dem Experiment, aus der Bearbeitung von Problem auf Problem erwächst jener wissenschaftliche Geist, der die heutige Wissenschaft geschaffen hat, und der dazu berufen ist, die Probleme der Zukunft zu lösen.“ In Amerika und ebenso in England haben denn auch schon früh praktische Schülerübungen in den elementaren Physikunterricht Eingang gefunden. Kein Wunder, wenn Bestrebungen gleicher Art, die bald darauf auch bei uns hervortraten, an das amerikanische und englische Beispiel anknüpften. Auf der Naturforscherversammlung in Bremen 1890 trat der unvergeßliche Schwalbe mit eindringlichen Darlegungen und Einzelvorschlägen, die auf eigene Erfahrungen gestützt waren, für die Einrichtung eines praktischen physikalischen Unterrichts an den höheren Schulen ein. Die Fortschritte, die seither die Sache der Schülerübungen gemacht hat, sind allen Lesern dieser Zeitschrift bekannt. Aus ihrer allgemeiner werdenden Einführung erwächst das Bedürfnis, diese Übungen möglichst organisch mit dem Klassenunterricht zu verschmelzen. Hervorragende Kräfte sind bereits in dieser Richtung tätig. Die dabei einzuschlagenden Wege zu verfolgen und den Lesern der Zeitschrift darzustellen, wird eine der wichtigsten Aufgaben der Zeitschrift im neuen Jahrzehnt ihres Bestehens sein.

Wenn so die innere Gestaltung des Physikunterrichtes vor tiefgreifenden Veränderungen steht, so bahnt sich andererseits auch in ihrer äußeren Stellung ein bemerkenswerter Wandel an. Die Anerkennung ihres Bildungswertes ist selbst an den Gymnasien im Wachsen begriffen; und neben ihr gelangen unaufhaltsam auch die anderen Naturwissenschaften bis in die Oberklassen hinauf zu steigender Geltung, Biologie und Geologie machen berechtigten Anspruch darauf, unter die Bildungselemente für die reiferen Schüler aufgenommen zu werden. Mit der Vermehrung

der naturwissenschaftlichen Disziplinen aber steigert sich auch die Gefahr der Zersplitterung, und damit tritt die Nötigung, den gesamten realistischen Unterricht einheitlich zusammenzufassen, immer dringender hervor. Keine andere Disziplin aber ist so geeignet wie die Physik, die Führung in dieser Vielheit von realistischen Unterrichtsfächern zu übernehmen; denn ihr Verfahren ist vorbildlich für das Verfahren aller anderen Zweige der Naturforschung, zugleich aber stellt sie die allgemeinsten Gesetze für alle Naturvorgänge auf und gibt dadurch allen naturwissenschaftlichen Fächern den inneren Zusammenhang. Eine solche führende Stellung der Physik aber legt auch dem physikalischen Unterricht neue Pflichten auf. Er muß einerseits die Beziehungen zu den anderen naturwissenschaftlichen Fächern in stärkerem Maße pflegen und alle Versuche unterstützen, die darauf abzielen, auch diese Fächer exakt zu behandeln und sie mit physikalischem Unterrichtsstoff zu durchsetzen. Er ist andrerseits vor allen andern Fächern dazu berufen, dem gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht den philosophischen Abschluß zu geben, dessen er dringend bedarf, wenn er sich gegen die Beziehungen zur Gesamtheit des menschlichen Geisteslebens nicht absperren und sich nicht selbst von der Mitwirkung an den höchsten Bildungsaufgaben ausschließen will.

Es läßt sich nicht ignorieren, daß auf eben den Grundlagen, die die Physik geschaffen hat, eine sogenannte mechanistische Weltanschauung aufgebaut worden ist, deren scheinbare Einheitlichkeit und Geschlossenheit nur zu verführerisch, nicht bloß auf jugendliche Seelen, wirkt. Eine Verständigung darüber, was es mit der Berechtigung einer solchen Weltanschauung auf sich hat, wäre zunächst innerhalb des Kreises derer nötig, die den physikalischen und des weiteren den naturwissenschaftlichen Unterricht in Händen haben. Nach meiner Überzeugung — die von den Mitherausgebern und von angesehenen Mitarbeitern geteilt wird — liegt der eigentliche Grund einer heute weit um sich greifenden Verwirrung darin, daß Köpfe, die ebenso unmathematisch wie unphilosophisch sind, unzutreffende und völlig unklare Vorstellungen von dem Inhalt und dem Gültigkeitsbereich der Begriffe haben, die der physikalischen Betrachtungsweise der Außenwelt zugrunde liegen. Hier mit einer besonnenen Aufklärung einzusetzen, ist die Pflicht eines guten Physikunterrichtes, der es mit seiner Aufgabe ernst nimmt. „Die Wunde heilt der Speer nur, der sie schlug.“ Der Schaden ist durch eine unberechtigte Anwendung physikalischer Prinzipien entstanden; er kann nur beseitigt werden durch eine Zurückführung eben dieser Prinzipien auf ihr logisch berechtigtes Anwendungsgebiet. Dann wird die Einsicht immer allgemeiner werden, daß der Mechanismus, wie universell auch seine Ausdehnung sein mag, doch nur eine Seite des Weltgeschehens darstellt, und daß sich daneben ein anderes, weiteres Gebiet ausbreitet, auf dem menschliche Intelligenz und menschliche Gemütskraft die bestimmenden Mächte sind. Indem der Physikunterricht die Lernenden bis an die Schwelle dieses Gebietes führt, darf er keinen Zweifel darüber lassen, daß die hier waltenden Mächte sich dem Zwange einer mechanischen Naturauffassung entziehen, insofern es sich hier nicht um eine bloße Rezeptivität nach Art der photographischen Platte, sondern um jene eigenartige, im Entwicklungsgang der Organismen sich allmählich steigernde Spontaneität handelt, deren höchste Blüten die Freiheit im Denken und Wollen, das künstlerische Schaffen und das sittliche Verantwortungsgefühl sind.

Erst wenn die Physik auch für Betrachtungen solcher Art die Bahn frei macht, wird sie den ihr zustehenden Anteil zu der Gesamtbildung beitragen und damit ihre Kulturaufgabe ganz erfüllen. Möchte es der Zeitschrift vergönnt sein, auch in dieser Richtung weitere Anregungen zu bieten.

Friedrich Poske.

Demonstrations-Apparate für elektrische Schwingungen[1]).

Von

E. Grimsehl in Hamburg.

I. Neue Apparatenteile.

1. Die Kondensatoren. Die Kondensatoren sind nach Art der Franklinschen Tafeln Plattenkondensatoren aus Hartgummi, doch mit dem Unterschied, daß die Belegungen vollständig in Hartgummi eingebettet sind. Zwei rechteckige Zinnfolien von 0,2 mm Dicke und 60×90 mm Flächengröße sind durch eine Hartgummizwischenlage von 0,6 mm Dicke voneinander getrennt; auf beide Außenseiten der Belegungen sind Hartgummiplatten von 1 mm Dicke aufgelegt, und das Ganze ist zusammenvulkanisiert, so daß also der Kondensator eine einzige geschlossene Platte bildet. Fig. 1 zeigt einen solchen Plattenkondensator schematisch; der Umriß zeigt die Begrenzung des Kondensators, die gestrichelte Linie bedeutet die eine im Innern liegende Belegung. Am oberen Rande ist die Belegung mit einem seitlichen Ansatzlappen versehen, der an der Stelle, wo er über die rechteckige Platte hinausragt, bloßgelegt ist und mit einem dickeren Messingbleche umkleidet ist. Die rückseitige, ebenfalls nach außen durch Hartgummi bedeckte Belegung ist in der Figur nur durch ihren Ansatzlappen (oben rechts) punktiert angedeutet; auch dieser Ansatzlappen ist freigelegt und mit einem Messingblech verstärkt. Die Kapazität beträgt annähernd 20 absolute elektrostatische Einheiten. Außer der angegebenen Größe der Kondensatoren werden noch solche von der halben Größe der Belegung sowie auch solche mit mehreren abwechselnd aufeinander geschichteten Belegungen verwandt.

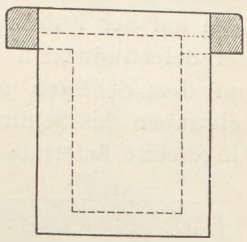


Fig. 1.

Beim Gebrauch werden die Kondensatoren in beliebiger Zahl nebeneinander auf zwei im Abstande von 10 cm voneinander auf Hartgummistützen ruhende horizontale Messingdrähte gehängt; so kann also ein Kondensator mit mannigfaltig wechselnder Kapazität hergestellt werden. In Fig. 2 sind drei verschiedene Kondensatoren in der angegebenen Weise zusammengestellt. Dadurch, daß die Belegungen auch nach außen isolierend umkleidet sind, ist es ermöglicht, daß man die Kondensatoren während des Betriebes beliebig auf die Messingstangen aufhängen oder von ihnen abnehmen kann, daß man also eine bequeme Abstimmung eines Schwingungskreises während des Betriebes vornehmen kann.

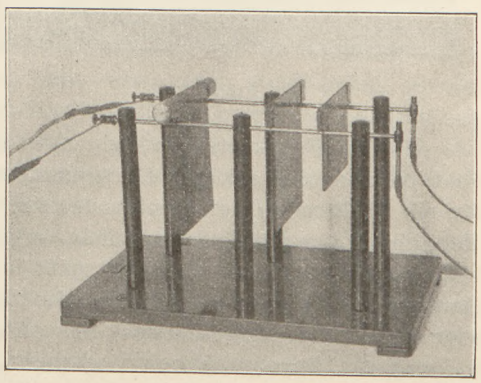


Fig. 2.

2. Die variable Selbstinduktion. Die Selbstinduktion eines Solenoids ist durch die Gleichung $L = \frac{4\pi^2 n^2 q}{l}$ bestimmt, wo n die Anzahl der Windungen, q der Querschnitt und l die Länge des Solenoids ist. Bei der gebräuchlichen Anordnung der variablen Selbstinduktion wird die Anzahl der Windungen durch einen auf dem Solenoid schleifenden Kontakt geändert. Dadurch wird aber auch gleichzeitig der

[1]) Auch veröffentlicht in Phys. Zeitschr. 8, Nr. 14, 1907. Eine einen Zusatzapparat betreffende Ergänzung zu dem Artikel der Phys. Zeitschr. ist nachstehend Seite 6 unter Nr. 3 hinzugefügt.

Widerstand des Schließungskreises geändert. Wenn man dagegen die Länge l des Solenoids ändert, alles übrige aber unverändert läßt, so ändert man nur die Selbstinduktion umgekehrt proportional mit der Länge. Die Änderung der Länge ist möglich, wenn man das Solenoid nicht auf eine feste zylindrische Unterlage aufwickelt, sondern wenn man dasselbe aus stärkerem federnden Kupferdraht nach Art einer Spiralfeder herstellt und dann die Spiralfeder mehr oder weniger auseinander zieht. Man erreicht hierdurch zugleich eine vollständig stetige Änderung, während man beim Ausschalten einzelner Windungen durch einen federnden Kontakt zu einer sprungweisen Änderung veranlaßt wird, wenn man nicht die Spule oder den Kontakt um die Achse rotierend anordnet.

Die Ausführung einer durch Veränderung der Länge der Spule variablen Selbstinduktion zeigt Fig. 3. In einer auf einem Grundbrett isoliert befestigten Klemme ist das eine Ende der Spule eingeklemmt. Das zweite Ende der Spule ist in einer isolierten Klemme eingeklemmt, die auf einem zwischen Schwalbenschwanzführung gleitenden Schlitten aus Hartgummi auf demselben Grundbrett befestigt ist. Bringt man auf der Führung noch eine Längenteilung an, so kann die Größe der Änderung der Selbstinduktion bei Verschiebung des Schlittens sofort berechnet werden. Die auf dem Schlitten als Handhabe dienende Schraube dient gleichzeitig zum Festschrauben des Schlittens an einer bestimmten Stelle. Man kann das in die Klemmen eingesetzte federnde Solenoid leicht gegen ein anderes von anderem Querschnitt oder von anderer Windungszahl auswechseln, kann also auf diese Weise eine Veränderung der Selbstinduktion in den weitesten Grenzen erreichen.

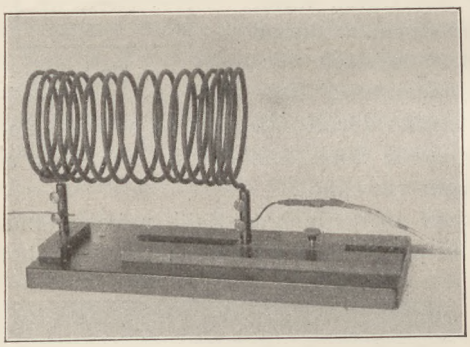


Fig. 3.

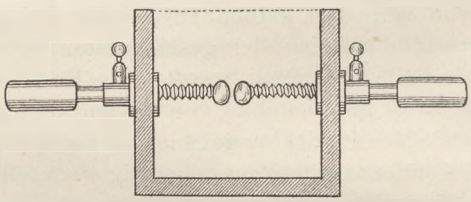


Fig. 4.

3. Die Funkenstrecke. Zwei einander gegenüberliegende Wandungen eines oben offenen rechteckigen Hartgummikastens (Fig. 4) dienen als isolierende Stützen für die Elektroden der Funkenstrecke. Es sind an zwei gegenüberliegenden Stellen Metallfassungen mit Innengewinde aufgeschraubt, auf denen die Zuleitungsklemmen befestigt sind. In das Gewinde paßt je eine Schraube, deren äußeres Ende mit einem Hartgummigriff versehen ist, und auf dessen inneres Ende eine Elektrode aus Zink oder Aluminium aufgeschraubt ist. Abgesehen von der Einfachheit der Montierung ist noch die Annehmlichkeit vorhanden, daß man während des Betriebes die Funkenstrecke von oben beobachten kann, ohne daß das helle Funkenlicht die Beobachtung nach der Seite hin stört. Sollte dies dennoch stören, so kann man irgendeinen beliebigen Deckel aus Holz, Pappe oder Blech oben auflegen oder auch die obere Öffnung mit einer das Licht dämpfenden gefärbten Glasplatte bedecken.

II. Versuchsanordnungen.

1. Resonanzversuch nach Lodge (Fig. 5). In die oberen axialen Bohrungen zweier in einer Entfernung von 10 cm voneinander isoliert auf einer Grundplatte festgeschraubten Klemmschrauben, die noch eine Bohrung zur Zuleitung der vom Induktor kommenden Leitung enthalten, sind zwei Messingstäbe von etwa 40 cm

Länge eingesetzt, die an ihrem oberen Ende einander durch Kröpfung genähert sind und Klemmschrauben zum Festhalten der die Funkenstrecke bildenden Elektroden tragen. Unterhalb der Klemmschrauben werden die Stäbe durch ein Zwischenstück aus Hartgummi im bestimmten Abstande voneinander gehalten. Auf den vertikalen Messingstäben sind zwei aus federnd aufgeschlitzten Messingrohren bestehende Hülsen verschiebbar angebracht, die zwei horizontale Messingarme tragen, auf die die oben beschriebenen Kondensatoren mit ihren Ansatzlappen aufgehängt werden können. Der zweite, als Empfänger dienende Apparat ist ebenso eingerichtet, mit dem Unterschied, daß er anstatt zweier durch eine Funkenstrecke unterbrochener Messingstäbe einen zweimal rechtwinklig gebogenen Messingstab trägt. Die beiden Apparate werden in der durch Fig. 5 dargestellten Weise einander gegenübergestellt. Der Geber mit der Funkenstrecke wird mit einem Induktor verbunden; auf die horizontalen Messingarme werden ein oder einige Plattenkondensatoren gehängt, außerdem wird an das äußere Ende der horizontalen Arme des als Empfänger dienenden Apparates (rechts) eine Geißlersche Röhre als Indikator gehängt. Wird der Induktor in Gang gesetzt (es genügt ein Induktor von wenigen Zentimetern Funkenlänge, die Funkenstrecke braucht nur 1 mm lang zu sein), so leuchtet die Geißlersche Röhre im Empfänger sofort auf, wenn Resonanz der beiden Schwingungskreise besteht. Man kann die Resonanz stören durch Verschieben der Kondensatoren auf den Metallstangen, also durch Änderung der Länge bzw. der Selbstinduktion des Leiterkreises oder durch Aufsetzen zweier ungleicher Kapazitäten. Wenn man die beiden Apparate in einer Entfernung von etwa 50 cm voneinander aufstellt, so ist die Empfindlichkeit für die Resonanz so groß, daß die Anordnung sehr wohl zum Vergleichen zweier Kapazitäten geeignet ist. Bei geringerer Entfernung braucht natürlich die Abstimmung weniger genau zu sein. Die Versuche, durch die die verschiedene Durchlässigkeit der elektrischen Wellen bei Zwischenschaltung einer Metallplatte oder einer Glasplatte demonstriert werden soll, gelingen mit einer außerordentlich großen Sicherheit, die weit größer ist als bei der gebräuchlichen Anordnung zweier Leydener Flaschen.

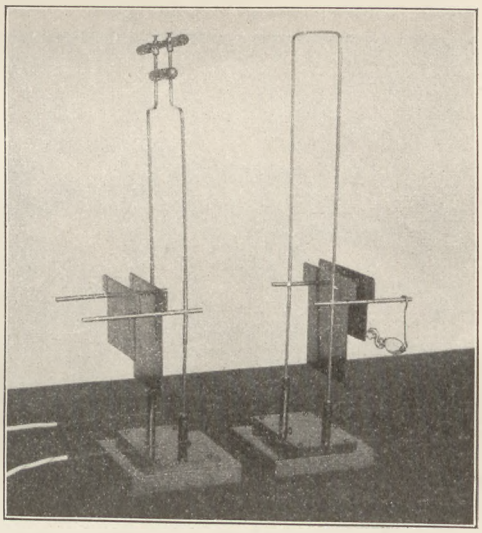


Fig. 5.

2. Der Tesla-Transformator. In Fig. 6 ist ein Tesla-Transformator, bei dem die Apparatenelemente auf kleinem Raume bequem und übersichtlich angeordnet sind, abgebildet. Fig. 7 zeigt dieselbe Anordnung in schematischer Darstellung.

L ist die als Primärspule dienende variable Selbstinduktion, deren eines Ende fest ist, deren anderes Ende in die auf dem Schlitten *Sch* stehende Klemmschraube eingeschraubt ist. Von hier aus geht eine biegsame Leitung nach einer isoliert befestigten Klemmschraube, die eine horizontale Stange *St* zum Aufhängen des einen Ansatzlappens der Kondensatoren trägt (die Kondensatoren liegen abgenommen vorne auf dem Grundbrette, um den Kasten *F* mit der Funkenstrecke nicht zu verdecken). Parallel mit dieser Stange im Abstand von 10 cm ist in einer isoliert befestigten Klemmschraube die zweite Stange *St* angebracht, auf die der zweite Ansatzlappen der Kondensatoren zu hängen kommt. Diese zweite Klemme ist mit dem einen Pol der Funkenstrecke *F* verbunden, während der andere Pol der Funkenstrecke an das

feste Ende der Primärspule L angeschlossen ist. Die Zuleitungsdrähte vom Induktor werden an den die Stangen St tragenden Klemmen befestigt. Die Sekundärspule S ist axial innerhalb der Primärspule L leicht auswechselbar angeordnet. In einem auf dem Grundbrette stehenden Holzprisma P ist eine wagerechte hölzerne Stange befestigt, auf die die auf ein Glasrohr aufgewickelte Sekundärspule aufgeschoben wird. Das eine Ende E der Sekundärspule wird an Erde gelegt, während das freie Ende dann mit der die Büschelentladung demonstrierenden (in der Figur nicht abgebildeten) Antenne oder einem Strahlungsapparat verbunden wird. Die leichte Auswechselbarkeit der Sekundärspule und die leichte Abstimmbarkeit der Schwingungen des primären Schwingungskreises durch die variable Selbstinduktion L und die variablen Plattenkondensatoren gestatten, jeden beliebigen Teslaversuch leicht und sicher mit den mannigfaltigsten Schwingungsverhältnissen auszuführen.

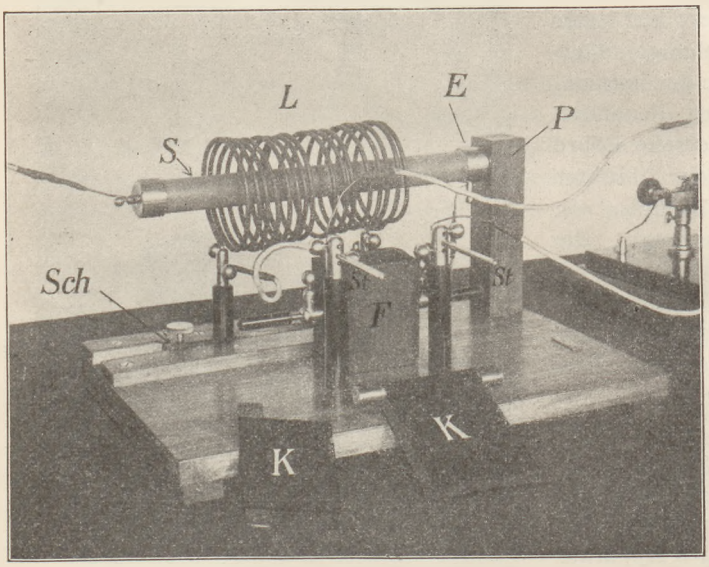


Fig. 6.

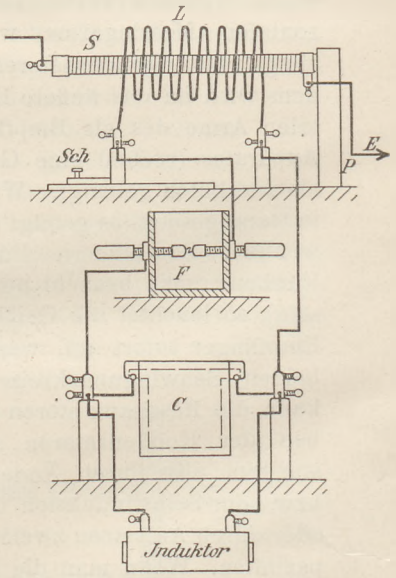


Fig. 7.

3. Oszillatorisches Funkenbild. Durch einen Zusatzapparat ist der beschriebene Apparat geeignet gemacht, die oszillatorische Natur des elektrischen Funkens nachzuweisen. Der Zusatzapparat ist in Fig. 8 halb schematisch abgebildet. Hier ist nur der Kasten mit der Funkenstrecke F aus der Figur 6 entnommen, während die Selbstinduktion L, der Kondensator C und der Induktor J mit ihren Zuleitungen rein schematisch dargestellt sind. Auf den Kasten mit der Funkenstrecke ist ein Deckel aufgesetzt, in dessen Mitte ein photographisches Objektiv O senkrecht über der Funkenstrecke eingesetzt ist. Über dem Objektiv befindet sich der um eine horizontale Achse A drehbare Silberspiegel Sp. Auf der linken Seite der Achse sitzt eine kleine Antriebsrolle R, die durch einen kleinen Motor oder auch durch eine von Hand zu betätigende Antriebsvorrichtung in rasche Rotation versetzt wird. Auf der rechten Seite der Achse A sitzt eine kleine Kurbel K, an der, durch eine kleine, gelenkige Stange verbunden, der Unterbrecher U angeschlossen ist. Dieser besteht aus zwei Quecksilbernäpfen, in die die beiden Enden einer gegabelten Stange eintauchen, und zwar so, daß die vordere Stange dauernd in Quecksilber eingetaucht bleibt, während die hintere Stange abwechselnd eintaucht und aus dem Quecksilber gehoben wird, also den eigentlichen Unterbrecher bildet. Dieser Unterbrecher wird an Stelle des am Induktor vorhandenen Selbstunterbrechers in den primären Stromkreis des Induktors eingeschaltet. Hierdurch wird bewirkt, daß die Stromunterbrechung stets bei einer ganz bestimmten Stellung

des Spiegels *Sp* stattfindet, z. B. dann, wenn der Spiegel unter 45° gegen die Horizontale geneigt ist. Es springt also, wenn wir vorläufig noch von dem bei *M* gezeichneten Unterbrecher absehen, bei *F* gerade in dem Augenblicke ein Funken über, wenn der Spiegel die angegebene Neigung hat, wenn also durch das Objektiv *O* und den Spiegel *Sp* auf einem vertikalen weißen Schirm ein Funkenbild projiziert werden kann.

Wenn nun der Spiegel in rascher Rotation ist, so entsteht bei jeder Umdrehung auf dem Schirme ein Funkenbild. Die vielen Funkenbilder würden sich aber zu einem unkenntlichen Gemisch überdecken. Deshalb ist noch der Unterbrecher *M* in den primären Stromkreis eingeschaltet, der ähnlich wie ein Morsetaster eingerichtet ist, doch sind die Kontakte Quecksilberkontakte, und die Kontaktstifte sind so lang, daß sie in der Mittelstellung des Tasters beide eintauchen, daß aber in den beiden äußersten Stellungen, also dann, wenn der Hebel losgelassen ist, und ferner dann, wenn er ganz niedergedrückt ist, nur in einem der Quecksilbernäpfe Kontakt eintritt. Wenn daher der Spiegel in Rotation ist, während nicht auf die Taste gedrückt wird, so entsteht kein Funke bei *F*. Drückt man aber auf *M* so rasch oder so langsam, daß der Kontakt bei *M* nur während einer Umdrehung des Spiegels erfolgt, so wird aus der großen Zahl der ohne Einschaltung von *M* bei *F* auftretenden Funken nur ein einzelner ausgewählt, der auf dem Projektionsschirm beobachtet werden kann.

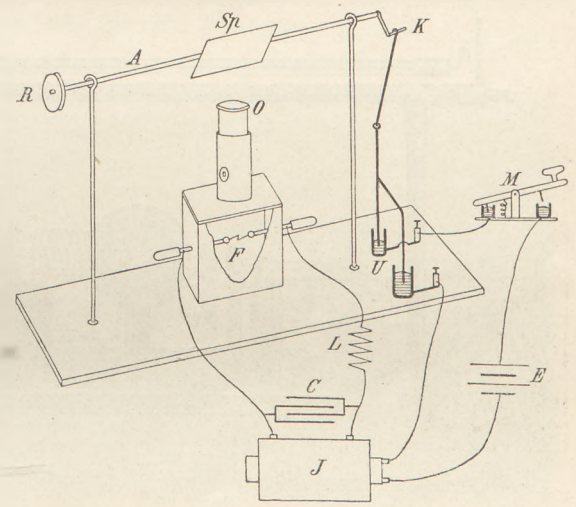


Fig. 8.

Schon bei oberflächlicher Beobachtung des Funkenbildes erkennt man, daß das Funkenbild in die Länge gezogen ist. Ein geübter Beobachter erkennt auch die periodische Entladung daran, daß an beiden Seiten des verlängerten Funkenbildes abwechselnd helle Punkte auftreten, die dem negativen Pol der Funkenstrecke entsprechen. Man tut gut, ein solches Funkenbild photographisch zu fixieren. Das ist sehr leicht, wenn man das Bild erst auf die Mattscheibe eines photographischen Apparates (bei dem aber das Objektiv entfernt ist, denn das Bild wird ja durch das Objektiv auf dem Kasten der Funkenstrecke *F* erzeugt) projiziert und dann die Mattscheibe durch eine photographische Platte ersetzt. Auf dem photographischen Bilde kann man dann das bekannte oszillatorische Funkenband in Muße beobachten und beobachten lassen.

Das Funkenbild ist um so deutlicher, je größer die Kapazität und die Selbstinduktion ist, darum werden alle verfügbaren Kondensatoren auf die Stangen *St* von Fig. 6 gehängt, und als Selbstinduktion wird eine Spule von möglichst vielen, eng aneinander liegenden Windungen dicken Drahtes benutzt. Man muß sich bei dieser Anordnung davor hüten, die Funkenstrecke zu groß zu nehmen, denn dann treten Partialentladungen auf, die die oszillatorischen Entladungen vortäuschen, aber keine eigentlichen Oszillationen sind.

Ist der Apparat fertig aufgebaut, so dauert der eigentliche Versuch nur ein paar Minuten, daher ist es möglich, in einer einzigen Unterrichtsstunde die Aufnahme und die Entwicklung des photographischen Bildes vorzunehmen. Der Zusatzapparat wird auf den Apparat von Fig. 6 unmittelbar aufgebaut, kann also leicht wieder

entfernt werden, ohne daß an der Anordnung von Fig. 6 etwas geändert wird. Es empfiehlt sich, zuerst die oszillatorische Natur des Funkens zu zeigen und hieran erst die eigentlichen Tesla-Versuche anzuschließen, da ja die Induktion in der Sekundärspule des Tesla-Transformators erst eine Folge des die Funkenentladung begleitenden Wechselstromes ist.

4. Variabler Schwingungskreis mit Seibtscher Spule. Die Zusammenstellung der Apparatenelemente zu den Versuchen mit der Seibtschen Spule ist in Fig. 9 abgebildet. Wir erkennen hier links auf dem Grundbrett den variablen Plattenkondensator, dem noch ein kreisförmiger Luftkondensator mit veränderlichem Plattenabstand parallel geschaltet ist. Die Platten des Luftkondensators sind ebenfalls vollständig in Hartgummi eingeschlossen, um Funkenentladungen zwischen den Platten zu vermeiden. Allerdings treten hier bei zu geringem Abstand und zu großer Funkenstrecke stille Entladungen auf, die stark dämpfen und so jede Schwingung unmöglich machen. Man hat daher bei der Einstellung darauf zu achten, daß die Platten nicht zu nahe zusammenkommen.

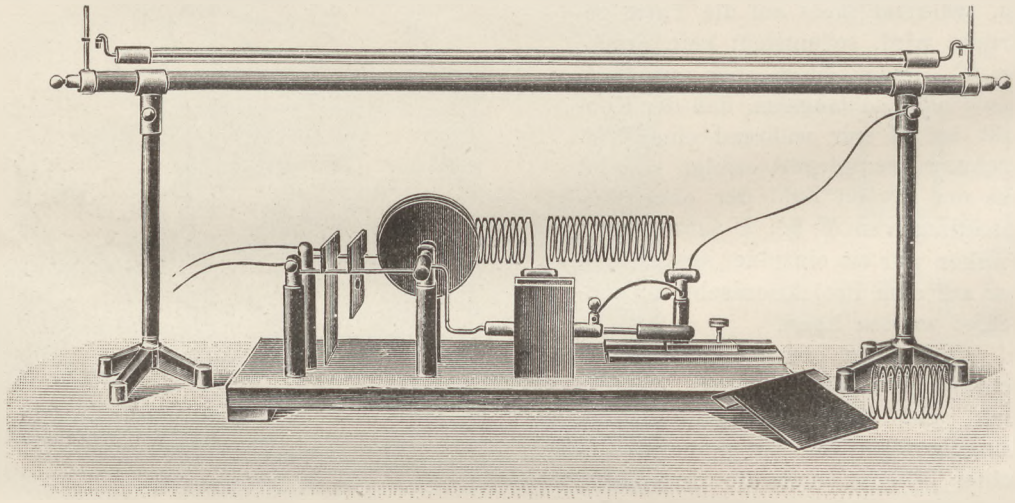


Fig. 9.

An den einen Pol der kombinierten Kondensatoren ist die eine Elektrode der Funkenstrecke, an den anderen Pol das eine Ende der Selbstinduktion angelegt, deren anderes Ende mit der zweiten Elektrode der Funkenstrecke verbunden ist. Die variable Selbstinduktion besteht aus zwei Teilen: die eine Drahtspule (in der Figur links) kann beliebig ausgewechselt werden. Die Enden befinden sich in einem durch feste Klemmen bestimmten Abstande, die zweite Drahtspule ist durch Auseinanderziehen variabel. Es ist also eine zweifach variable Kapazität und eine zweifach variable Selbstinduktion angewandt, die alle für Versuchszwecke erwünschten Kombinationen ermöglichen.

Das Ende der Selbstinduktion, das mit der einen Elektrode der Funkenstrecke verbunden ist, kann mit dem einen Ende einer Seibtschen Spule (horizontal angeordnet) verbunden werden. Parallel über der Spule liegt ein evakuiertes Glasrohr, auf das auf der oberen Seite ein zur Erde abgeleiteter Stanniolstreifen aufgeklebt ist. Die Ableitung zur Erde erfolgt mit Hilfe der auf den Enden der Spule sitzenden Polklemmen.

Zur Ausführung der Versuche braucht man nur die beiden Metallstangen, auf denen die Kondensatoren liegen, mit den Polen des Induktors, das eine Ende der Selbstinduktion mit dem einen Ende der Seibtschen Spule zu verbinden und eine Endklemme der Aufhängung für das Glasrohr an Erde zu legen. Die Veränderung

der Kapazität und der Selbstinduktion hat ein Aufleuchten der evakuierten Glasröhre zur Folge, die je nach der Größe der Kapazität und Selbstinduktion einen bis acht Wellenbäuche längs der Glasröhre anzeigt.

Will man die induktive Koppelung des Schwingungskreises mit der Seibtschen Spule ausführen, so nimmt man den Teil der Selbstinduktion, der zwischen den festen Klemmen liegt, heraus und biegt aus umsponnenem Draht eine große Drahtschleife, die die Seibtsche Spule einschließlich Indikatorrohr umgibt. Nur bei einer bestimmten Stellung der Drahtschleife über der Spule erfolgt das beste Ansprechen des Rohres, nämlich dann, wenn die Schleife gerade über einem Schwingungsbauche ist, während dann, wenn sie sich in der Ebene eines Spannungsbauches befindet, trotz abgestimmter Resonanz nur ein schwaches Aufleuchten des Glasrohres erfolgt.

5. Hertzscher Erreger für Drahtwellen. Ich hatte den Wunsch, für Unterrichtszwecke einen möglichst einfachen Erreger, der außerdem abstimmbar ist, zu bauen, und kam so zu der folgenden Konstruktion, die sich durchaus bewährt hat. Durch zwei gegenüberliegende Wandungen eines Hartgummikastens (Fig. 10) sind zwei Elektroden für Funkenentladung, ähnlich wie bei Nr. 3, hindurchgeführt. In derselben Höhe sind durch die eine Längswandung des Kastens zwei mit Zinkkugeln versehene Messingrohre hindurchgeführt, die in zwei Hartgummisäulen festgeklemmt sind. In diese Rohre paßt ein U-förmig gebogenes Rohr, das sich posaunenartig verschieben und auch durch ein anderes größeres Stück ersetzen läßt. In den im Kasteninneren sitzenden Zinkkugeln sind in einer Öse zwei dünne Kupferdrähte befestigt, die durch zwei kleine Löcher in der gegenüberliegenden Wand des Hartgummikastens hindurchgeführt und dann zu Ösen gebogen sind. In diese Ösen werden dünne Kupferdrähte von etwa 4 m Länge eingeknüpft und am entgegengesetzten Ende an einen Hartgummiklotz geführt, auf dessen oberer Fläche eine kleine, 4 cm lange, mit Helium gefüllte Geißlerröhre angebracht ist. Diese Röhre dient als Indikator für die elektrischen Spannungsdifferenzen an den Drahtenden. Der Hartgummiklotz wird mittels zweier zusammengeknüpfter Schnüre an einem beliebigen Stativ befestigt, und hierdurch werden die Kupferdrähte stramm gespannt. Die Funkenelektroden werden mit einem kleinen Induktor verbunden. Legt man nun in die Nähe der Heliumröhre eine an einem Hartgummigriff befestigte Drahtbrücke auf und verschiebt sie dann, so tritt an mehreren Stellen ein helles Leuchten der Heliumröhre auf. Man sucht die Stelle der maximalen Helligkeit auf. Jetzt legt man der Reihe nach noch andere Brücken auf, die man einzeln so lange verschiebt, bis stets das Maximum des Aufleuchtens auftritt. Es ergibt sich alsdann, daß der Abstand der Brücken mit der Länge des posaunenartigen Erregers übereinstimmt. Bei Veränderung der Länge des Erregers ändert sich auch die günstigste Lage der Drahtbrücken. Bei der Einstellung der doppelten Funkenstrecke ist zu beachten, daß man die eine Funkenstrecke möglichst klein, bis fast zur Berührung der Elektrode mit der einen Zinkkugel wählt, dann kann man durch Veränderung der zweiten Funkenstrecke eine möglichst günstige Schwingung erhalten. Fig. 11 zeigt den ganzen Aufbau des Versuches, bei dem nur die Länge der Drähte zu kurz gezeichnet

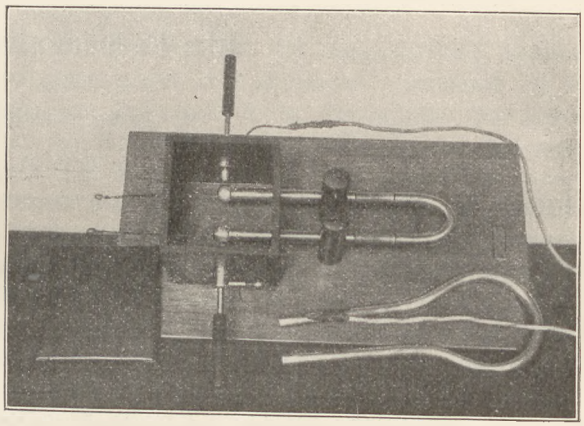


Fig. 10.

ist. Es reicht aber schon eine Länge von 3 m vollständig aus. Dadurch, daß die Hartgummihalter der Drahtbrücken so lang gewählt sind, daß sie mit ihren Enden auf dem Tische liegen, liegen sie fest und auch so, daß man sie im Dunkeln leicht wieder auffinden kann. Der in Fig. 10 neben dem Erreger gezeichnete Bügel, der in die beiden Röhren statt des kurzen Bügels gesteckt werden kann, ist so weit auseinander gebogen, daß man eine kleine Induktorspule in die kreisförmige Windung stecken kann, um auch hier die induktive Wirkung des Wechselstromes nachzuweisen und zu untersuchen.

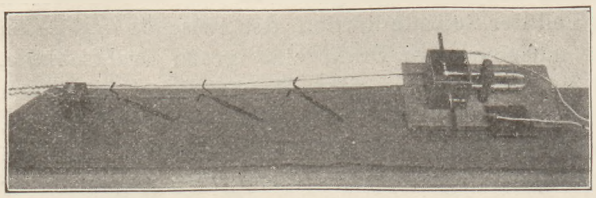


Fig. 11.

Die beschriebenen Apparate werden von E. Leybolds Nachf., Köln, und A. Krüß, Hamburg, nach meinen Angaben hergestellt.

Ein Farbengalvanoskop.

Von

H. Lüdtke in Altona (Elbe).

Teil II.

Fließt die Elektrizität durch das Innere eines Leiters oder an der Oberfläche?

1. Einleitung. Zur Lösung dieser „Frage“ kann das Farbengalvanoskop mit Vorteil herangezogen werden. Ob eine Behandlung des Problems überhaupt notwendig ist, möge man in meiner Programmabhandlung (Altona R.-G. 1905, Nr. 340) nachlesen. Aus den bekannten Versuchen Faradays über den Sitz der Elektrizität wird auch heute noch zuweilen irrtümlicherweise gefolgert, daß galvanische Ströme nur an der Oberfläche verlaufen.

Ganz ausscheiden will ich hierbei die in meiner Abhandlung gestreifte Frage nach dem Verlauf elektrischer Schwingungen höchster Spannung und größter Frequenz; bei diesen kommt natürlich die Oberfläche in Betracht. Wenn wir es mit einem irgendwo offenen Schwingungskreis zu tun haben, handelt es sich außer anderem auch um eine Elektrodenwirkung, d. h. um den Übergang elektrischer Energie vom Draht in Luft, und diese Wirkung ist durch Größe und Gestalt der Oberfläche bedingt.

Solche Dinge brauchen nun freilich in der Schule nicht besprochen zu werden. Wohl aber bin ich der Meinung, daß die Schüler darüber belehrt werden müssen, daß die fließende, galvanische Elektrizität durch den ganzen Querschnitt eines Drahtes sich bewegt, während der Sitz der ruhenden Elektrizität nur die Oberfläche eines Konduktors ist. In dem Katalog der Firma E. Leybolds Nachfolger in Köln a. Rh. z. B. findet sich eine recht stattliche Anzahl von Apparaten aufgeführt, die zeigen sollen, daß der Sitz der ruhenden Elektrizität auf der Oberfläche eines Leiters ist, aber kein einziger, der demonstriert, daß strömende Elektrizität den ganzen Querschnitt eines Drahtes einnimmt. Unsere zahlreichen Schulbücher der Physik gehen auf die Frage nicht ein, obwohl sie doch eines gewissen allgemeinen Interesses nicht entbehrt[1]).

2. Kupferblech in Stanniolhülle. Ein Kupferblechstreifen AB (Fig. 1) wird bis fast an die beiden Enden mit Papier umwickelt; dann wird Stanniol herum-

[1]) Nur das Lehrbuch der Elektrizität von Spennrath (Aachen, C. Meyers Verlag, 1902) macht, soweit meine Kenntnis reicht, eine Ausnahme.

gelegt und bei A fest an das blanke Kupfer gepreßt, so daß es eine völlige Hülle um das Papier bildet; nötigenfalls sind die Längskanten durch einen Glasstreifen zusammenzupressen. Am anderen Ende ist die Stanniolhülle zwischen den Kupferblechdoppelstreifen $C_1 C_2$ und $D_1 D_2$ befestigt. Beim Durchleiten eines starken Stromes von A durch das Stanniol nach C wird die Stanniolhülle stark erwärmt, wie durch Anfassen mit der Hand oder durch ein Farbblatt feststellbar ist. Drückt man aber die Blechstreifen C und D fest zusammen, bis sie den inneren Blechstreifen B berühren, so hört bei gleicher Stromstärke die Erwärmung sofort auf, das gerötete Farbblatt wird wieder gelb, ein Beweis dafür, daß der größte Teil des Stromes durch das Kupferblech im Innern fließt. Die Elektrostatik lehrt, daß ein massiver und hohler Konduktor gleicher Größe auch gleich viel Ladung erfordern; bei Entfernung der Oberfläche eines Konduktors nimmt man die Ladung mit fort. Bei der Leitung des galvanischen Stromes ist es nicht gleichgültig, ob der Konduktor massiv oder hohl ist. Man vergleiche hierzu den in meiner Programmabhandlung beschriebenen Versuch, bei dem das Loosersche Thermoskop benutzt ist, und den sich daran schließenden Versuch, bei welchem ein Satz Glühlampen als Galvanoskop benutzt wird. Beide Versuche demonstrieren dasselbe wie Fig. 1.

Fig. 1.

3. Widerstandsuntersuchungen. Wichtig für die Entscheidung unserer Frage sind ferner die Widerstandsuntersuchungen von Metallen. Zunächst ist zu erwähnen, daß das spezifische Leitvermögen der Metalle für Elektrizität fast genau dieselben Verhältniszahlen aufweist wie für die Wärmeleitung, also ist der Analogieschluß doch berechtigt, daß ebenso wie die Wärme auch die Elektrizität im Innern geleitet wird. Der Widerstand ist ferner umgekehrt proportional dem Querschnitt und nicht der Dicke eines Drahtes; diese Tatsache wird in unsern Schulbüchern meist kurz erwähnt, ohne Hinweis, daß daraus folgt, daß die Leitung im Innern und nicht nur auf der Oberfläche erfolgt. Man kann zeigen, daß ein Draht, der doppelt so dick ist wie ein anderer gleichen Materials, viermal so lang sein muß wie dieser, wenn er denselben Widerstand haben soll*). Das Farbengalvanoskop ist besonders zu solchen Widerstandsvergleichungen geeignet.

Sind A und B, Fig. 2, Stanniolstreifen gleicher Länge und Breite, A einfach und B doppelt, C und D genau gleiche Farbengalvanoskope, so wird ein Strom von passender Stärke zum größeren Teil durch den Zweig $B\,D$ fließen, da dort der kleinere Widerstand; nur bei D ist Rötung zu beobachten. Die Oberflächen sind in beiden Zweigen fast genau gleich, also ist bewiesen, daß nicht die Oberfläche, sondern der Querschnitt beim Fließen der galvanischen Elektrizität in Betracht kommt. Vielleicht empfiehlt es sich, die Stanniolstreifen mit passenden Glasstreifen zu beschweren, um den Verdacht zu entkräften, daß die in B übereinander liegenden Stanniolstreifen nicht überall in Berührung sind. Die Zuleitungsdrähte müssen in beiden Zweigen gleich und genügend dick sein. Nimmt man statt B eine runde Zinnstange von gleicher Oberfläche und Länge wie der Stanniolstreifen A, so ist das Ergebnis dasselbe wie soeben; ja man kann den Streifen A dann noch erheblich breiter machen, als nötig ist, ohne daß bei C eine Rotfärbung eintritt. Anfänglich habe ich für die letzten beiden Versuche die Wheatstonesche Brücke benutzt; die Anordnung mit den Farbengalvanoskopen erscheint mir aber besser.

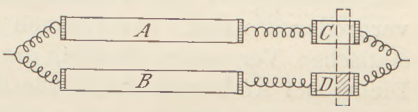


Fig. 2.

Eine Abänderung ist folgende. B sei ein Stanniolddoppelstreifen mit Kupferblecheinlage, A ein gleicher mit Pappeeinlage, oder aber B sei eine Bogenlampen-

*) *Anmerkung der Redaktion:* Man vergleiche hierzu die Versuche von P. Szymanski, ds. Zeitschr. *V 180.*

kohle mit dickem Kupferdraht in einer Durchbohrung im Innern, A eine gleiche Kohle ohne diese Einlage. Ebenso könnte an Stelle von A, Fig. 2, ein Glasstab, der chemisch mit einer dünnen Silberhaut überzogen ist, und für B ein ebenso langer Silberdraht eingeschaltet werden; D zeigt eine stärkere Erwärmung und also auch die größere Stromstärke an, selbst wenn der Draht D nicht sehr dick ist, vorausgesetzt, daß die Silberschicht auf dem Glasstabe A nur dünn ist.

4. Metalldrähte mit Kupferüberzug. Von einem Fachgenossen bin ich in einer Zuschrift darauf aufmerksam gemacht, daß Versuche mit Metalldrähten gemacht werden müßten, die mit einer dünnen Haut aus anderen Metallen überzogen sind. Ist A, Fig. 2, ein Eisendraht und B ein Kupferdraht von gleicher Dicke (1 mm) und Länge, so zeigt bei passender Stromstärke D eine stärkere Erwärmung an, auch dann noch, wenn der Eisendraht schwach verkupfert ist. Die oberflächliche Verkupferung verbessert die Leitfähigkeit, aber nicht so sehr, daß sie gleich der des massiven Kupferdrahtes ist. Auf die Oberfläche kommt es eben nicht an, sondern auf den Querschnitt.

5. Gefaltete Stanniolstreifen. Ein Versuch, der auf den ersten Blick den Anschein erweckt, als ob die Leitung doch auf der Oberfläche erfolgt, ist der folgende.

Fig. 3.

In Fig. 3 ist zwischen den Kupferelektroden (rechts und links) ein glatter, rechteckiger Stanniolstreifen ausgespannt; ein darüberliegendes Farbblatt zeigt bei passender Stromstärke gleichmäßige Erwärmung des Stanniols an. Was wird nun eintreten, wenn der untere Rand umgebogen wird, so daß der Streifen hier doppelt liegt? Wir beobachten, daß da, wo das Stanniol doppelt liegt, die Erwärmung stärker ist. Auf den ersten Blick scheint dies ein Widerspruch mit der Tatsache zu sein, daß die Leitfähigkeit dem Querschnitte proportional ist. Erfolgt die Leitung im Innern, so sollte eigentlich nichts eintreten, da es doch gleichgültig ist, ob das Stanniol neben- oder übereinander liegt. Würde aber die Leitung nur an der Oberfläche erfolgen, so ist klar, daß dort die höhere Temperatur sein müßte, wo die Schicht einfach ist, da in der Doppelschicht ja eine größere Stanniolmenge zu erwärmen ist.

Fig. 4.

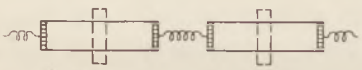


Fig. 5.

In der Stromverzweigung, Fig. 4, bewirken die beiden gleichen Stanniolblätter ungefähr gleiche Rötung der darübergelegten Farbblätter. Schaltet man den Strom aus und legt den am wenigsten erwärmten Streifen mehrfach zusammen, so tritt nach Wiedereinschaltung des Stromes in diesem Zweige eine stärkere Rotfärbung ein.

Fig. 5 zeigt denselben Versuch mit hintereinander geschalteten Stanniolblättern und halb so großer Stromstärke wie vorher. Bei dieser letzten Anordnung, Fig. 5, hat es besonders den Anschein, als ob die Verkleinerung der Oberfläche widerstandvergrößernd wirkt. Der Versuch scheint ein galvanisches Gegenstück zu den elektrostatischen Versuchen zu sein, die, wie z. B. Faradays Rouleau, die Veränderung der Dichte bei Änderung der Größe der Oberfläche eines Leiters zeigen sollen. Versuch Fig. 5 wirkt vielleicht noch besser, wenn man die Stromstärke für die zunächst noch gleichen, glatten Stanniolblätter so groß wählt, daß sie gerade noch den Strom aushalten; wird nun ein Blatt zusammengelegt, so brennt es nach Wiedereinschaltung eines Stromes derselben Stärke sofort durch. Alle diese Fälle erklären sich aber daraus, daß nach dem Zusammenlegen die äußere Wärmeleitung beeinträchtigt ist, also in den einfachen Stanniolstreifen infolge der größeren Wärmeabgabe die Temperatur niedriger bleiben muß. Die Erscheinung demonstriert gut die Abhängigkeit der äußeren Wärmeleitung von Größe und Gestalt der Oberfläche und steht mit der Tatsache, daß die Elektrizitätsleitung im Innern erfolgt, keineswegs im Widerspruche.

6. Maximale Belastung. Die maximale Belastung eines Drahtes ist nicht etwa einfach dem Querschnitt proportional, sondern auch von der Oberfläche abhängig. Dies hat ebenfalls schon zu falschen Vorstellungen in bezug darauf geführt, ob die Leitung im Innern oder an der Oberfläche erfolgt. Aus der Tabelle der Elektrotechniker[1]), in der die Normalquerschnitte für Leitungen aus isoliertem Kupferdraht verzeichnet sind, entnehme ich folgende Zahlen:

Stromstärke	Querschnitt	Stromdichte
11 Amp.	1 qmm	11
20 -	2,5 -	8
100 -	25 -	4
380 -	185 -	2
1000 -	1250 -	1,25

Die Oberfläche spielt hierbei insofern eine Rolle, als die Wärmeabgabe an die Umgebung doch von der Oberfläche besorgt wird; also kann ein Leiter um so stärker belastet werden, je größer bei gegebenem Querschnitt seine Oberfläche ist. Der Querschnitt eines Drahtes wächst mit dem Quadrate des Durchmessers, die abkühlende Oberfläche aber nur mit dem Durchmesser. Für hohe Stromstärken muß man demnach Drähte von verhältnismäßig großem Querschnitt wählen. Bei Besprechung dieser Tatsachen können meines Erachtens die Versuche Fig. 3—5 ganz am Platze sein.

7. Farbengalvanoskop im Innern eines Leiters. Der Apparat, dessen Durchschnitt Fig. 6 zeigt, und der den Sitz der elektrischen Ladung auf der Oberfläche der Leiter demonstrieren soll, läßt sich leicht so umändern, daß man damit auch zeigen kann, daß die fließende Elektrizität durch das Innere der Leiter geht. Fig. 7 zeigt diesen Apparat im Durchschnitt, die äußere Hülle besteht aus Stanniol, das auf Pappe geklebt ist. Der Weg ABC muß erheblich größer sein als die gerade, kurze Verbindungsstrecke AC, weil der ganze Apparat eine gewisse Tiefe haben muß, und die Stanniolblätter daher nicht zu schmal sein dürfen. AC ist ein Kupferblechstreifen, der in der Mitte eine Unterbrechung von 2—3 cm hat, die durch einen angelöteten kurzen Widerstandsdraht oder durch einen Stanniolstreifen überbrückt ist; diese Brücke ist mit einem angeklebten Farbblatt versehen. Wird ein Strom von hinreichender Stärke von A nach C durch den Apparat geschickt, so zeigt die Rötung des Farbengalvanoskopes an, daß ein erheblicher Teil des Stromes den direkten Weg durch das Innere des Apparates dem Umweg durch die Stanniolhülle von A über B nach C vorgezogen hat. Der in Fig. 8 im Durchschnitt dargestellte Apparat besteht aus einem Glaszylinder, der außen mit Stanniol umwickelt oder umklebt ist; durch das Innere geht ein dicker Kupferdraht oder ein Kupferblechstreifen; auch in der Mitte mit einer kurzen Unterbrechung versehen, die durch einen angelöteten Widerstandsdraht oder durch ein festsitzendes Stück Bogenlampenkohle überbrückt ist, worauf ein Farbblatt geklebt ist. Beim Stromdurchgange sieht man durch kleine Löcher oder Schlitze in der äußeren Stanniolhülle, daß innen das Farbblatt gerötet wird. An den Enden rechts und links muß natürlich guter Kontakt zwischen dem Stanniol und dem Kupfer vorhanden sein.

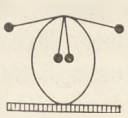


Fig. 6.

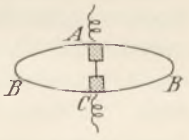


Fig. 7.

Fig. 8.

8. Spirale als Faradaysches Gehäuse. Einige Abänderungen habe ich ferner an einem demselben Zwecke dienenden Apparate anbringen können, der schon in

[1]) Vorschriften für die Errichtung elektrischer Starkstromanlagen. Berlin, Julius Springer, 1907.

meiner oben angeführten Programmabhandlung erwähnt ist und auf dem bekannten Impedanzversuch von O. Lodge (1891) beruht. Ist die Entladung eines Induktoriums R (Fig. 9) bei F eine oszillierende, so erfährt der Wechselstrom, der von der Leidener Flasche L_1 durch die Spirale S nach der Flasche L_2 fließt, in der Spule einen so großen scheinbaren Widerstand (Impedanz), daß er den kürzeren Weg in der Luft zwischen $n_1 n_2$ nimmt. Der Gleichstrom würde durch die Spirale mit geringem Widerstande fließen. Nach Weiler verläuft der Versuch folgendermaßen: „Werden aber die Drähte so gelegt, daß sie die Funkenstrecke $n_1 n_2$ einschließen, so springen keine Funken mehr durch die Funkenstrecke, weil der Wechselstrom nur die äußere Schicht berührt. Dieser Versuch bestätigt die richtige Anlage eines Blitzableiters durch ein Drahtnetz.“[1]) Diese Angabe habe ich sehr oft nachgeprüft, aber stets habe ich gefunden, daß auch im Innern der Spirale A_1 A_2 Funken übersprangen; die verschiedensten Spiralen wurden benutzt, das Ergebnis war immer dasselbe, wenn bei F kräftige Funken übersprangen. Die Schaltung der Fig. 37 in Teil I dieser Abhandlung (ds. Zeitschr. *XX 357*) ist ebenfalls empfehlenswert, zwischen A_1 und A_2 ist auch da die Spirale zu schalten. Benutzt man Spiralen, die auf einen Glaszylinder gewickelt sind, so kann man damit auch sehr gut den Faradayschen Versuch machen, daß der Sitz der ruhenden Elektrizität nur an der Oberfläche ist. Ein Goldblattelektroskop im Innern der Spirale gibt bei einer Ladung der letzteren keinen Ausschlag, wenn Elektroskop und Spirale leitend verbunden sind, und das Ganze auf einer isolierenden Unterlage ruht. Wird aber die Spirale mit einer Geißlerschen Röhre im Innern versehen und in den Schwingungskreis von Leidener Flaschen (Fig. 9) gebracht, so leuchtet diese Röhre, wenn nur bei F kräftige Funken überspringen. Während ich früher bei meinen selbstgefertigten Apparaten einfach Lampenzylinder umwickelte, habe ich jetzt bei der Firma Kröplin & Strecker in Altona einen verbesserten Apparat anfertigen lassen, der einen 16 cm hohen Glaszylinder von 10,5 cm Durchmesser enthält. Dieser Zylinder ist mit 72 Windungen aus 0,5 mm dickem Messingdraht umgeben, deren Enden an den unten befindlichen Messingdeckeln befestigt sind. Letztere sind mit Klemmschrauben versehen; der obere hat in der Mitte ein Loch von 4 cm Durchmesser zur Einführung des Goldblattelektroskopes, der Geißlerschen Röhre u. dergl.; der untere ist mit einem Zapfen versehen, der in eine Bohrung eines Hartgummistiels paßt, der selbst wieder von einem Metalldreifuß getragen wird. Ein weiter Glaszylinder ist zweckmäßiger als ein Lampenzylinder, da sonst bei jedem Versuch die Goldblättchen an der Glaswand sitzen bleiben und leicht abreißen. Statt der Funkenstrecke oder der Geißlerschen Röhre oder Glühlampe kann man auch einen dünnen Draht oder einen Stanniolstreifen durch die obere Deckelöffnung bis zum Messingboden herunterhängen lassen. Diese werden, wenn der Apparat zwischen A_1 und A_2, Fig. 9, eingeschaltet ist, so heiß, daß angeklebte Farbblattstreifen kräftig gerötet werden, ein Zeichen, daß auch ein Draht im Innern eines anderen vom Strom durchflossen wird. Auch eine Geißlersche Röhre wird im Innern der Spirale bei passender Funkenstrecke F so heiß, daß sie Farbblätter rötet; sogar die mit Siegellack befestigten Kappen der Röhren schmelzen ab. Ein Teilhaber der Firma, die den Apparat geliefert, hatte dünnen Stahldraht im Innern der Spirale zwischen Boden und Deckel angebracht; der Stahldraht zeigte nach dem Versuch Anlauffarben, während er vorher blank war. Dieser Apparat zeigt also, daß der Sitz der ruhenden Elektrizität auf der Oberfläche der Leiter ist, und auch, daß fließende Elektrizität sich anders verhält; er scheint mir daher geeigneter für den Unterricht zu sein als die sonst für ähnliche Zwecke in den Katalogen empfohlenen Apparate.

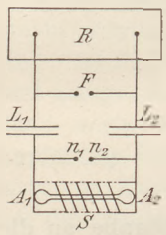


Fig. 9.

[1]) W. Weiler, Physikbuch, I. Aufl., S. 261 und 262.

9. Der Blitz. Ich hatte jüngst Gelegenheit, in einer Versammlung von Elektrotechnikern eine Diskussion über Blitzableiteranlagen mitanzuhören. Dabei wurde von einem Fachmann mitgeteilt, daß ein Blitzableiter aus Kupfer 50 qmm Querschnitt, ein solcher aus Eisen etwa 250—300 qmm Querschnitt haben muß. Die Leitfähigkeit des Eisens ist 1 : 10 von der des Kupfers, ein Querschnitt von 500 qmm ist aber nicht ganz erforderlich, da Eisen viel schwerer schmilzt als Kupfer. Die in physikalischen Lehrbüchern öfters gemachte Behauptung, der „beste Blitzableiter" sei ein allseitig das Haus umhüllendes Drahtnetz, wurde eingehend besprochen, desgleichen der Vorschlag, Blitzableiter nicht aus Draht, sondern aus Bandeisen herzustellen, weil dies größere „Kapazität" besitze. Offenbar liegt beiden Vorschlägen die Ansicht zugrunde, daß auch die fließende Elektrizität die Oberfläche bevorzuge. Die vielen dünnen Drähte eines Netzes müssen dann mindestens denselben Querschnitt haben wie eine einzige Blitzableiterstange. In der Praxis haben sich beide Vorschläge gar nicht bewährt, da dünnes Geflecht oder Bandeisen draußen meist schon nach kurzer Zeit durchrostet. Aus allem ging hervor, daß auch beim Blitz nur der Querschnitt der Leitung und nicht die Oberfläche in Frage kommt, der Bitz fließt also auch durch das Innere des Leiters. Nun handelt es sich beim Blitz um die höchsten bekannten Spannungen, 300 Millionen Volt und darüber, auch ist der Blitz kein einheitlicher, sondern ein intermittierender Strom; also wird wohl die Tatsache, daß die Elektrizität durch das Innere der Leiter fließt, ziemlich allgemein gültig sein. Nur elektrische Schwingungen höchster Spannung und schnellster Frequenz verlaufen hauptsächlich auf der Oberfläche[1]). Das sind dann aber auch keine elektrischen Ströme in dem gewöhnlichen Sinne des Wortes mehr. Die Ströme der Wechselstrommaschinen gehören natürlich nicht zu diesen Schwingungen höchster Frequenz, auch nicht die gewöhnlichen Entladungen von Leidener Flaschen, beide verlaufen also auch nicht auf der Oberfläche der Leiter. Bei gewissen Erscheinungen ist vielleicht ein — natürlich hinkender — Vergleich mit der Wärme gestattet; dort wird unterschieden zwischen innerer und äußerer Wärmeleitung. Namentlich bei höheren Spannungen der Elektrizität findet eine Energieabgabe von den Drähten an die isolierende Umgebung statt, die z. B. bei der drahtlosen Telegraphie Verwendung findet und mit der Leitung direkt nichts zu tun hat.

Einen großen Teil der obigen Versuche über Leitfähigkeit im Innern der Konduktoren habe ich mit demselben Ergebnis wie bei Gleichstrom auch mit dem Strom einer Wechselstrommaschine und mit den schnell intermittierenden Strömen eines Wehneltunterbrechers angestellt, bei welchem immerhin schon 1000 bis 2000 Unterbrechungen in 1 Sek. stattfinden. Daß auch der Blitz durch das Innere eines Leiters fließt, durch das Experiment zu prüfen, war mir bisher leider nicht möglich. Einer der obigen Versuche ließe sich sonst leicht so abändern, daß er auch für Beobachtung des Blitzes ziemlich gefahrlos brauchbar ist. In einem Blitzableiter, der häufig von Blitzschlägen getroffen wird, müßte in der Nähe des Erdbodens, am besten wohl entsprechend Fig. 7 und 8, eine ringsum geschlossene, flache Eisenschachtel eingeschaltet werden mit einem direkten kurzen blanken Stahlstab in der Mitte; dieser Stahlstab im Innern wird nach dem Blitzschlag Anlauffarben zeigen, auch ein Farbengalvanoskop.

10. Elektroskopversuche. Schließlich sei mir noch gestattet, kurz einige Versuche zu erwähnen, bei denen allerdings das Farbengalvanoskop nicht benutzt wird. Auf die Metallplatte eines Elektroskops ist ein zweites recht empfindliches gesetzt, welches ganz mit Papier umhüllt ist, bis auf einige Öffnungen, um die Blättchen im Innern beobachten zu können. Die punktierte Linie in Fig. 10 soll die Papierumhüllung darstellen. Beim Laden und Entladen der Elektroskopkombination

[1]) Vergl. Starke, Experimentelle Elektrizitätslehre 1904, S. 290.

an dem oberen Knopfe beobachtet man auch Ausschläge des oberen Elektroskops. Ist die Elektrizität aber im Gleichgewichtszustand angelangt, so ist im Innern oben kein Ausschlag mehr. Da Papier kein guter Leiter ist, so vergeht immer eine Zeit, bis dieser Zustand nach erfolgter Ladung eingetreten ist. Auch hier zeigt sich, daß die Elektrizität nur im Gleichgewichtszustand ihren Sitz auf der Oberfläche hat. Die einzelnen Papiersorten verhalten sich bei diesem Versuche etwas verschieden, was von dem Feuchtigkeitsgehalt herrührt.

Fig. 10.

Wird das Elektroskop statt mit Papier mit vielen Windungen dünnen Drahtes umhüllt, so zeigt sich im Innern auch ein Ausschlag, wenn der untere Metallboden mit dem +110-Voltleiter des elektrischen Anschlusses an die städtische Zentrale und der obere Metalldeckel nebst Knopf mit der Erde leitend verbunden ist. Es empfiehlt sich, auf den Boden ein U-förmig gebogenes Stück Metallblech zu setzen, welches den Elektroskopblättchen ziemlich nahe kommt (A, Fig. 11); dies Blech A hat dann das Potential + 110 Volt, die Blättchen 0 Volt.

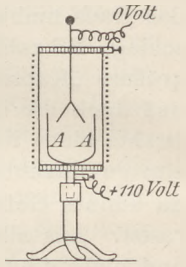


Fig. 11.

Ähnlich läßt sich auch der Apparat 4975 in Leybolds Katalog (S. 536) umformen. Bei diesem wird das Elektroskop durch Wasser umhüllt, eine Anordnung, die, wenn ich nicht irre, von Mach herrührt. Das Elektroskop muß einen Metallboden haben ähnlich wie Fig. 11, und dieser muß durch einen (in Glas) isolierten Draht durch die Wasserhülle hindurch mit dem positiven (+ 110) Pol des Anschlusses verbunden werden, während der Metallhut oben mit der Erde oder noch besser mit dem — 110 Pol verbunden wird. Auch hier zeigt sich ein Ausschlag trotz vollständiger Umhüllung des Elektroskops.

11. Leitung in Nichtmetallen. Daß in nichtmetallischen Konduktoren die Leitung der Elektrizität durch den ganzen Querschnitt erfolgt, ist ernstlich bisher wohl von niemandem bestritten worden. Der Sitz der ruhenden Elektrizität ist aber auch bei den Leitern zweiter Klasse auf der Oberfläche, also ist klar, daß aus der elektrostatischen Tatsache des Sitzes der Elektrizität auf der Oberfläche nicht etwa a priori folgt, daß auch die galvanische Elektrizität in einem Drahte sich nur auf der Oberfläche entlang bewegen muß. Erinnern will ich noch an den früher beschriebenen Versuch, daß ein Metallstab im Innern einer Flüssigkeit die Stromlinien in sich hineinzieht. Ich erinnere ferner an den elektrischen Lichtbogen im Wasser.

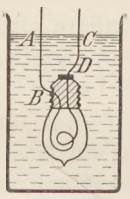


Fig. 12.

Wird eine Glühlampe (Fig. 12) mit nichtisolierten, angelöteten Zuleitungsdrähten, $A\,B$ zum Gewinde und $C\,D$ zum Knopf führend, in Leitungswasser gedrückt, so leuchtet die Lampe auch unter Wasser. Wenn die Elektrizität nur an der Oberfläche sich bewegte, müßte sie ausschließlich direkt an der Wasseroberfläche von A nach C gehen; das tut sie aber nur teilweise. Das Wasser wird zersetzt, bei A und C steigen Blasen auf, die Lampe leuchtet aber auch im Wasser, wenngleich nicht ganz so hell wie außerhalb. Ich habe den Versuch mit einer 10-Voltlampe und Akkumulatoren und auch mit Benutzung des Anschlusses mit einer 32-kerzigen 108-Voltlampe gemacht.

Vielleicht ist mir noch der Hinweis darauf gestattet, daß man selbst mit Teslaströmen kleine Funken unter Wasser erzielen kann. Verbindet man den einen Pol eines Tesla-Transformators mit einer in Leitungswasser liegenden Feile oder einem Bleistück und streicht mit dem blanken Ende eines nicht isolierten Drahtes, der unter Einschaltung einer Funkenstrecke in Luft mit dem andern Pol verbunden ist, über die Feile, so beobachtet man kleine Funken im Wasser. Folgt daraus, daß ein gewisser, kleiner Bruchteil der hochgespannten Elektrizität durch das Innere des Leiters fließt? Die Elektrizität hätte ja ihren Weg an der Oberfläche des Wassers nehmen können.

12. Schluß. Aus allem geht hervor, daß der galvanische Strom nicht an der Oberfläche verläuft, sondern durch den ganzen Querschnitt erfolgt, und zwar sowohl bei Leitern erster Klasse wie bei solchen zweiter Klasse. Die in früheren Jahrzehnten von den namhaftesten Physikern vertretene Ansicht, daß die scheinbar besten Leiter der Elektrizität, die Metalle, in Wahrheit absolute Nichtleiter seien, ist sicher unhaltbar, wenn es auch hier und da noch Anhänger dieser Theorie gibt. Von den im Vorhergehenden beschriebenen Versuchen dürften einige meines Erachtens zur Verwendung im Unterricht geeignet sein, zumal sie mit den einfachsten Mitteln angestellt werden können.

Bemerkungen und Versuche zur Schlierenmethode[1]).

Von

V. Dvořák in Agram.

Veranlassung zum Nachfolgenden war die Mitteilung von Herrn A. Witting in d. Z. *XIX, S. 375* sowie seine Bemerkung in *„Ostwalds Klassikern“ Nr. 158, S. 98.* Dort heißt es wörtlich: „Vielfach wird die schließlich noch zu besprechende Dvořáksche Methode (*Wied. Ann. 1880, 9, S. 502—511*) als eine Vereinfachung der Schlierenmethode hingestellt. Hier wird eine möglichst punktförmige Lichtquelle benutzt und damit ein Schirm erleuchtet. Schlieren, die zwischen Lichtquelle und Schirm sind, werden in einer bei näherer Überlegung so komplizierten Weise auf den Schirm projiziert, daß ein Rückschluß von dem Bilde auf die Stelle der Dichtigkeitsänderung selbst kaum möglich ist, von einem Bilde der Schlieren also keine Rede sein kann. Es scheint bisher vielfach übersehen worden zu sein, daß diese Dvořáksche Projektion nur bei undurchsichtigen Objekten zu genaueren Resultaten führen kann. Das Wesentliche der Toeplerschen Schlierenmethode ist die durch Anwendung einer Blende an richtiger Stelle, durch die „empfindliche Einstellung“ hervorgerufene getreue Abbildung von Schlieren in derjenigen Schicht, auf welche der Analysator eingestellt ist.“

Dazu bemerke ich, daß nicht meine Schlierenmethode (welche ich künftighin als „vereinfachte“ bezeichnen werde) Gegenstand falscher Beurteilung seitens der Physiker gewesen ist, wohl aber die Toeplersche, von welcher man (wie es auch Witting tut) immer angenommen hat, daß sie eine „getreue Abbildung“ der Schlieren gibt, was aber nicht zutrifft. Darauf hat wohl zuerst R. Emden in seiner Habilitationsschrift „Über die Ausströmungserscheinungen permanenter Gase“ 1899 (abgedruckt in *Wied. Ann. 1899, 69, S. 264*) aufmerksam gemacht, wie man im folgenden sehen wird. Doch zuvor muß ich die Grundlage der Toeplerschen Methode näher beleuchten.

1. Toeplers Methode[2]).

Es sei (Fig. 1) S eine punktförmige Lichtquelle, L eine Linse (achromatisch und aplanatisch), B das reelle Bild von S, F ein astronomisches Fernrohr, welches auf die vertikale Mittelfläche der Linse L eingestellt ist; weiter sei $a\,b$ eine in ihrer Ebene verschiebbare Blende, die man so weit vorschiebt, bis das Bild B eben aufgefangen wird („empfindliche Einstellung“); der durch das Fernrohr blickende Beobachter sieht dann die Linsenfläche ganz dunkel.

[1]) Lesern, die sich bloß für Schulversuche und nicht für Theoretisches interessieren, sei der 4. Abschnitt „Leichte Vorlesungsversuche nach der vereinfachten Schlierenmethode“ empfohlen, er bildet auch ohne das Voranstehende ein abgeschlossenes Ganze.

[2]) Siehe Ostwalds Klassiker Nr. 157 u. 158, wo die berühmten Toeplerschen Arbeiten über Schlierenbeobachtung zusammengestellt sind.

Uniwersytetu Gdańskiego Biblioteka

Es befinde sich nun z. B. im Glase der Linse L eine Ungleichmäßigkeit („Schliere") bei σ (unterhalb L, Fig. 1), so sieht man nach der bis jetzt gewöhnlichen Annahme im Fernrohr „eine exakte Abbildung der Schliere". Die Art, wie man dies zu beweisen sucht, ist aber sehr bedenklich. Toepler selbst in seiner ersten Abhandlung (Klassiker Nr. 157) stellt die Sache etwa so dar: Die Schliere veranlaßt eine „unregelmäßige" Strahlenbrechung; die „irregulären" Strahlen, welche in der Figur punktiert sind, kommen an der Blende $a\,b$ vorbei in das Fernrohr, welches dann, da es auf die Entfernung von σ eingestellt ist, ein Bild der Schliere geben wird. Diese Erklärung wäre richtig, wenn die Schliere die Strahlen unregelmäßig nach allen Seiten zerstreuen würde, wie es etwa eine wirkliche Trübung im Glase tut (so daß jedes Teilchen Licht nach allen Richtungen aussendet wie ein leuchtender Punkt), aber dieser Fall dürfte wohl kaum vorkommen, und es wäre dann die Trübung auch ohne Schlierenmethode sichtbar.

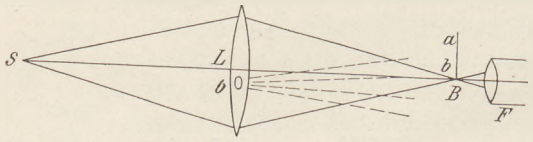


Fig. 1.

In seiner zweiten Abhandlung (Klassiker Nr. 158, S. 27) ist Toepler etwas weiter gegangen; er nimmt nämlich als Schliere „ein kleines, sehr spitzes Prisma" p (Fig. 2) an, das auf der Linsenfläche aufgeklebt ist[1]); dieses Prisma würde durch die Strahlenablenkung ein zweites Bild β der Lichtquelle geben, und der Beobachter würde im Fernrohr das Prisma in seiner wahren Gestalt hell auf dunklem Grunde sehen. Auch dieses ist richtig, nur ist dann das Objektiv λ des Fernrohres gänzlich überflüssig, weil der Kreuzungspunkt der Strahlen β sehr nahe am Objektiv liegt, das Objektiv also nicht zur Wirkung kommt[2]).

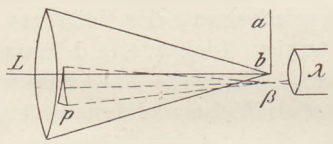


Fig. 2.

Auch ist das Bild, welches der Beobachter vom Prisma sieht, nicht ein optisches Bild im gewöhnlichen Sinne, sondern einem bloßen Schattenbilde vergleichbar; man denke sich nur die Blende $a\,b$ von der anderen Seite vorgeschoben, bis sie das Bild β bedeckt, so sieht man das Prisma dunkel auf hellem Grunde, weil das Strahlenbündel, welches das Prisma trifft, einfach fehlt.

Von den Handbüchern der Physik haben Wüllner (*IV. Bd., 5. Aufl., S. 345, 1899*) und Chwolson (*II. Bd., S. 404*) diese Toeplersche Erklärung aufgenommen (nur fehlt bei Chwolson der Hinweis, daß es sich um eine genau prismatische Schliere handelt, wodurch die Sache unklar wird). Lummer im bekannten Werke Pfaundlers (*10. Aufl., Optik, S. 567*) nimmt einen in der Luft schwebenden Wassertropfen als Schliere; doch davon später[3]).

2. Linsenförmige Schliere.

Schon Emden (a. a. O.) hat einen Versuch mit einer Linse ausgeführt, jedoch war seine Anordnung verschieden von der hier beschriebenen. Es sei (Fig. 3) q eine Linse; sie vereinigt die auffallenden Strahlen im Punkte σ; da nun das Fernrohr nicht auf diesen Punkt eingestellt ist, sondern auf eine größere Entfernung, so wird man statt des Punktes b nur einen Zerstreuungskreis $c\,d$ (auf dunklem Grunde) sehen. Die Größe dieses Zerstreuungskreises ist, wie man auch aus der Figur sieht,

[1]) Toepler nimmt dort statt einer punktförmigen Lichtquelle eine leuchtende Fläche, hier ist der Einfachheit wegen die Punktform der Lichtquelle beibehalten.

[2]) In aller Strenge würde das natürlich nur gelten, wenn B und β in die erste Hauptebene des Objektives fallen würde; aber da jedenfalls die Entfernung dieser Bilder vom Objektiv immer sehr klein ist, so kann hier das Objektiv nichts nützen, eher schaden.

[3]) In dem Winkelmannschen Handbuch ist die Schlierenmethode überhaupt nicht erwähnt.

von der Größe der Objektivöffnung des Fernrohrs bestimmt; verkleinert man die Objektivöffnung durch ein Diaphragma, so ist auch der Zerstreuungskreis kleiner; bewegt man das Diaphragma auf und ab, so bewegt sich auch der Zerstreuungskreis auf und ab; auch eine Auf- und Abbewegung des Fernrohres hat dieselbe Wirkung. Ist die Öffnung im Diaphragma viereckig, so ist es auch die Form des Zerstreuungskreises. Da nun die Blende $a\,b$ etwa die Hälfte der Objektivöffnung bedeckt, so hat auch der Zerstreuungskreis Halbkreisform; nebstdem ist er innen mit Beugungsstreifen eingefaßt (siehe Fig. 4; der größere Kreis ist die Umrißlinie der Linse q, die Beugungsstreifen im Halbkreise sind jedoch nicht gezeichnet). Zum Versuch wurde ein dünnes Konvexbrillenglas ohne Fassung von 38 mm Durchmesser und 1 m Brennweite genommen; die Entfernung $L\,\lambda$ (Fig. 3) war etwa 1,2 m; die Linse L hatte 0,745 m Brennweite.

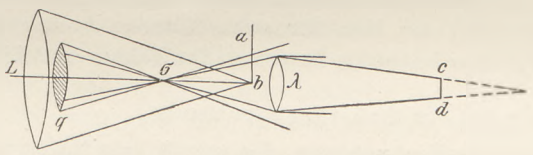


Fig. 3.

Fig. 4.

Umrißlinie der Schliere. Dieses ist ein wichtiger Punkt, den man aber bis jetzt so gut wie gar nicht behandelt hat. Man sieht (bei empfindlicher Einstellung) den Umriß der Linse q (Fig. 3) als feine helle Linie im Fernrohr; der Rand der Linse (ohne Fassung) zerstreut, da er nur grob abgeschliffen ist, das Licht diffus, kann also als selbstleuchtend betrachtet werden und ist daher direkt im Fernrohr sichtbar; hier würde sich natürlich keine Schwierigkeit ergeben. Aber gesetzt, es sei die Linse q in der Linse L eingebettet (sie müßte dann einen größeren Brechungsexponenten als L haben), und ihre Ränder seien absolut scharf, wird man auch dann bei empfindlicher Einstellung[1]) ihren Umriß im Fernrohr sehen? etwa durch Beugung? Oder es sei unbeschadet der richtigen Linsenwirkung von q nirgends eine scharfe Grenze im Brechungsexponenten zwischen q und L, wird man überhaupt eine Grenze von q sehen, und wie wird sie aussehen? Was die Beugung am Rande von q betrifft, so bemerkt Mach gelegentlich seiner bekannten Versuche über die Photographie der Projektile[2]), „das Geschoß erscheint im Negativ hell auf dunklem Grunde, und die Grenzen desselben treten durch Beugung des Lichtes scharf hervor". Ich habe statt der Linse q in Fig. 3 verschiedene Objekte wie Schirm von dünnem Stanniol, polierten und berußten Stahlstab, Spalt von veränderlicher Breite etc. genommen und immer bei empfindlicher Einstellung ohne Unterschied die Umrisse als feine helle Linien gesehen; nur in dem Falle, daß der Rand der Blende $a\,b$ genau senkrecht auf der Längsrichtung dieser Objekte steht, verschwinden die hellen Umrisse; bei einer kleinen Kugel fehlt also die Umrißlinie an zwei an einem Durchmesser befindlichen Stellen.

Inwieweit hier Beugung und Reflexion des Lichtes an den Rändern mitwirken, wage ich vorläufig nicht zu entscheiden; auch ist bei durchsichtigen Objekten die Frage schwieriger.

Schlußfolgerung. Dem vorigen zufolge ist das „Schlierenbild" einer Linse ein heller, mit Beugungsstreifen umsäumter Halbkreis, dessen Größe außer von der

[1]) Bei nicht empfindlicher Einstellung würde sich die Linse dunkel vom hellen Grunde abheben; das Charakteristische der Toeplerschen Methode ist jedoch die empfindliche Einstellung.

[2]) E. Mach und P. Salcher, „Photogr. Fixierung der durch Projektile inder Luft eingeleiteten Vorgänge" (Wien. Ber. 1887, Bd. XCV). Statt des Fernrohres F in Fig. 1 wurde eine photographische Kamera genommen und so die durch das Projektil erzeugten Luftschlieren photographiert.

Brennweite der Linse noch von der Entfernung des Fernrohres von der Linse und von der Größe der Objektivöffnung des Fernrohres abhängt, dessen Lage zur Umrißlinie durch Heben und Senken des Fernrohrs verändert werden kann. Falls die Lichtquelle nicht punktförmig ist, so tritt, wie man leicht sieht, eine weitere Komplikation durch die Größe und Form der Lichtquelle ein, und der Halbkreis wird deformiert. Auch wenn man die Möglichkeit zugibt, daß die Umrißlinie der linsenförmigen Schliere etwa durch Beugung sichtbar sein könnte, so ist doch dieser helle Halbkreis der bei weitem lichtstärkste und augenfälligste Teil des Schlierenbildes; von einer treuen, exakten Abbildung der Schliere kann also keine Rede sein[1]).

Wie schon anfangs erwähnt, war es Emden, der die bisher allgemeine Annahme, die Toeplersche Methode gebe ein „optisches, geometrisch vollkommen ähnliches Bild", bekämpfte. Er hat sie auch bei seinen Untersuchungen nicht verwendet, sondern meine Schlierenmethode, weil sie ihm für seine Zwecke besser entsprach und auch wegen ihrer Einfachheit eine leichtere Deutung der Bilder zuließ[2]).

3. Die vereinfachte Schlierenmethode.

Ihr Prinzip steckt schon in einer Beobachtung, die gewiß jede Nacht von vielen gemacht wird. Wenn nämlich eine entfernte Straßenlaterne durch die Fensterscheiben scheint, so sieht man an der gegenüberliegenden Wand oft in sehr auffallender Weise die Schlieren der Glasscheiben. Man braucht also nichts als eine punktförmige Lichtquelle und einen Schirm. Bei den Versuchen von Emden diente gewöhnlich der Funken einer Leidener Flasche als Lichtquelle (manchmal auch elektr. Bogenlicht), und das Schlierenbild (von einem Gasstrahl) wurde auf einer photographischen Platte aufgefangen[3]). Falls man die Methode richtig zu verwenden versteht, erhält man nach Emden mit den einfachsten Hilfsmitteln Bilder, die in bezug auf Klarheit, Kontrast und Schärfe der Zeichnung den weitgehendsten Anforderungen genügen.

4. Leichte Vorlesungsversuche nach der vereinfachten Schlierenmethode[4]).

Zu jedem Heliostaten gehören gewöhnlich zwei Linsen L und l (Fig. 5); man läßt auf sie Sonnenlicht fallen, und in den Brennpunkt setzt man ein Diaphragma mit kleiner Öffnung (etwa $^3/_4$ mm im Durchmesser). Dazu nimmt man eine etwas

[1]) Ein Wassertröpfchen würde, falls wir von der sphärischen Abweichung absehen, die Strahlen ganz nahe in einem Punkte vereinigen, somit im Fernrohr als helles Sternchen erscheinen, umsäumt von der an zwei Stellen unterbrochenen Umrißlinie. Ich muß bemerken, daß schon Toepler (Klassiker Nr. 158, S. 30) von linsenförmigen Schlieren spricht, jedoch führt er nur ein allgemeines Kennzeichen solcher Schlieren an, ohne auf die Sache näher einzugehen. Man sieht leicht aus dem vorigen, daß für eine Zerstreuungslinse der helle Halbkreis auf der anderen (linken) Seite in der Fig. 4 liegen würde.

[2]) Herr Witting (l. c.) äußert sich so über die Emdensche Arbeit: „Hier sei noch R. Emden erwähnt, der in seiner Habilitationsschrift die Schlierengebilde nach der, wie oben gezeigt, keineswegs einwandfreien Dvořákschen Methode untersucht." In Wirklichkeit hat Emden nicht nur meine, sondern auch die Toeplersche Methode ganz richtig beurteilt.

[3]) Auch C. V. Boys hat schon 1892 auf ähnliche Art Photographien der Luftschlieren bei Projektilen hergestellt. Siehe E. Mach, „Ergänzungen zu den Mitteil. über Projektile" (Wien. Ber. Bd. CI, Oktober 1892).

[4]) Wüllner (IV Bd., S. 348, 5. Aufl.) befaßt sich etwas ausführlicher mit dieser Methode und nennt sie ein „äußerst wertvolles Demonstrationsmittel"; Lehmann in Fricks physik. Technik (1895) II. Bd., S. 679 gibt eine kleine Zusammenstellung von Versuchen; auch S. P. Thompson („Sichtbares und unsichtbares Licht", deutsche Ausgabe, von O. Lummer S. 36) bedient sich dieser Methode zu Vorlesungszweken. Ich habe hier der Vollständigkeit wegen eine kurze Erklärung der Wirkungsweise beigegeben.

stärkere Metallplatte mit etwa 4 mm breiter Öffnung und klebt darüber ein Stück Bleifolie, das zuvor mit einer Nadel durchstochen wurde, wobei man die aufgeworfenen Ränder der Öffnung mit einem scharfen Messer glatt wegschneidet. Die Entfernung $a\,c$ des weißen Schirmes sei etwa 4 m (oder auch mehr). Um die Wirkungsweise der Methode zu erläutern, halte man einen Glasstab G in den Strahlengang; er wirft einen Schatten wie ein undurchsichtiger Körper, etwa ein Holzstab. (Der Schatten zeigt am Rande die bekannten Beugungsstreifen, die man aber nicht in der Ferne sieht.)

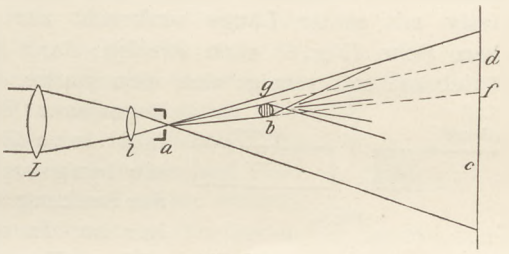


Fig. 5.

Der Glasstab wirkt nämlich als Zylinderlinse von kurzer Brennweite; von dieser aus divergieren die Strahlen nach allen Seiten, so daß in den geometrischen Schatten $d\,f$ des Glasstabes nur sehr wenig Licht gelangt; $d\,f$ ist also dunkel.

Nimmt man statt des Glasstabes etwa einen Strahl von Ätherdampf, der auch wie eine Zylinderlinse, jedoch von langer Brennweite, wirkt, so werden sich die Strahlen viel weiter von ihm vereinigen, sagen wir, zufälligerweise auf dem Schirm, wo man also eine Art Brennlinie sehen wird; doch die übrigen Stellen des geometrischen Schattens werden dafür weniger Licht erhalten und sich daher dunkel von der Umgebung abheben, wozu nach Wüllner (l. c.) noch die Reflexion des Lichtes am Strahle beiträgt[1]). Diese ist bei senkrechter Inzidenz verschwindend klein; bei streifender Inzidenz an der Umrißlinie des Strahles könnte sie jedoch merklich sein. Zum Versuche nimmt man eine Flasche mit Schwefeläther, die man neigt, so daß der Ätherdampf ausfließt, was man mit großer Deutlichkeit am Schirme sieht (Entfernung von a etwa 1,6 m).

Nach diesen einleitenden Versuchen zeige man zuerst die Versuche mit reflektiertem Licht. Man nehme eine gewöhnliche Glastafel (je schlechter, desto besser) und halte sie schief, etwa bei b, in den Lichtkegel; man erblickt dann (an der Zimmerdecke oder einer Wand) im reflektierten Lichte die Unebenheiten der Oberfläche sehr auffallend. Die Ungleichmäßigkeiten in der Brechung zeigen sich im durchgelassenen Lichte am weißen Schirm. Man kann so Spiegelglastafeln auf ihre Güte untersuchen.

Sehr erwünscht ist ein sogenannter japanischer (magischer) Spiegel von Metall, den man ebenso wie früher die Glastafel schief in den Strahlenkegel hält[2]).

Versuche mit durchgelassenem Licht sowie über atmospärische Strahlenbrechung. Man nehme einen Bunsenbrenner, oben mit einem spaltförmigen Ansatz versehen, stelle die Längsrichtung des Spaltes in die Richtung der Strahlen und mache die Flamme klein; man sieht noch in großer Entfernung oberhalb der Flamme die erhitzten Verbrennungsgase aufsteigen (Entfernung von a etwa 1,6 m). Man nehme dann einen kleinen Handblasebalg mit angesetztem Metallrohr von etwa 8 mm Durchmesser und blase quer über den Spalt in etwa 3—5 cm über der Flamme; man sieht dann den aufsteigenden Luftstrahl mit großer Schärfe. Will man bloß die erhitzten Flammengase zeigen, so genügt schon ein brennendes

[1]) Dieses ist für die Schüler genügend; daß die Sache nicht immer so einfach ist, habe ich schon in meiner ersten Bekanntmachung (l. c.) über diese Schlierenmethode auseinandergesetzt.

[2]) Solche Spiegel, die auch ohne Druckpumpe und Erwärmung gute Bilder der auf ihrer Rückseite befindlichen plastischen Ornamente geben, liefert Ph. Pellin, Paris, 21, Rue de l'Odéon um 30 Francs. Interessante Angaben über solche Spiegel sowie ihre Herstellung in Japan gibt S. P. Thompson (l. c. S. 38). Merkwürdigerweise hatten die Japaner selbst keine Ahnung von der magischen Eigenschaft ihrer Spiegel.

Zündhölzchen; verlöscht man die Flamme, so glimmt die Kohle noch einige Zeit, und man kann die von ihr aufsteigende Luft beobachten. Hat man ein Stück Eis, so kann man die niedersinkende kalte Luft sehen.

Am wichtigsten dürften jedoch folgende zwei Versuche sein.

I. Versuch. Man nehme ein Holzsäulchen (unpoliert!) von etwa quadratischem Querschnitt, etwa eine Spanne lang und 4 cm dick, lege es horizontal auf ein kleines Stativ mit seiner Länge senkrecht zur Strahlenrichtung; die Strahlen sollen die obere Seite (Fig. 6) eben streifen; dann gieße man etwas Äther auf die Mitte des Säulchens; sofort zeigt sich eine starke, weit sichtbare Senkung an der mit Äther begossenen Stelle (in der Fig. 6 punktiert angedeutet). Hält man die Hand über das Säulchen und bewegt sie langsam auf und ab, so beginnen die Umrisse der Senkung zu wallen, was auch gut in der Ferne sichtbar ist. In dem Maße, wie der Äther verdampft, wird die Senkung immer flacher. Dieser Versuch soll die Deformation der Objekte durch die atmosphärische Brechung zeigen, auch das Sichtbarbleiben der Sonne, nachdem sie sich schon unter dem Horizonte befindet, ein Umstand, den schon die Griechen durch atmosphärische Brechung erklärten[1]).

Fig. 6.

Um sich dieses leichter vorzustellen, verfahre man etwa so. Man nehme eine runde Öffnung (Durchmesser 1 cm) am Fensterladen[2]), in 2,5 m Entfernung das Holzsäulchen, und 1 m vom Holzsäulchen einen engen horizontalen Spalt, den man so tief senkt, daß dem durch den Spalt nach der Öffnung blickenden Auge diese eben verschwindet. Gießt man nun etwas Äther auf das Holzsäulchen, so wird die Öffnung (welche die untergegangene Sonne vorstellt) sofort sichtbar; sie erscheint etwas plattgedrückt (wie das zuweilen an der Sonne vorkommen soll). Auch kann man etwas Brennspiritus auf das Säulchen gießen und anzünden; das hat dieselbe Wirkung.

Erklärung. Dort wo der Äther an der Oberfläche verdampft, ist die Dampftemperatur am niedrigsten, die Dichte am größten. Dasselbe gilt vom brennenden Alkohol. Die Hauptwirkung ist unten ganz nahe am Holze des Säulchens; weiter oben ist besonders beim brennenden Alkohol die Dichtenverteilung sehr unregelmäßig. Es seien in Fig. 7 $a, b, c, d \ldots$ die Dampfschichten von abnehmender Dichte, fg ein Stück der Wellenfläche des einfallenden Strahlenbündels, Af seine Richtung, welche mit der Richtung der Schichten zusammenfallen kann, ohne daß dadurch die Ablenkung des Strahles verhindert wird, in dem der Punkt f der Wellenfläche langsamer fortschreitet als g, der Strahl also nach abwärts gebogen wird.

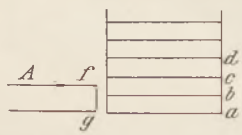


Fig. 7.

Um die Deformation der Sonnenoberfläche durch Brechung zu zeigen, nehme man wieder Sonnenlicht nach Fig. 5 und eine Holzkugel (unpoliert) von etwa 12 cm im Durchmesser und gieße stellenweise Äther auf. Es entstehen oft merkwürdige Verunstaltungen der Umrißlinie am Projektionsschirm[3]).

---

[1]) So sagt Kleomedes: „Wir können die unter dem Horizonte verborgene Sonne durch Brechung des Lichtes auf ähnliche Art sehen, wie wir einen Ring, der am Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes liegt, über den Rand des Gefäßes sehen."

[2]) Durch die Öffnung komme gewöhnliches Tageslicht, nicht Sonnenlicht.

[3]) In seinem interessanten Werke „Gaskugeln" 1907, S. 443, erwähnt Emden, daß ein Sonnenfleck durch unregelmäßige Strahlenbrechung stark gehoben erscheinen kann; die eigentlichen Sonnenprotuberanzen sind jedoch bis jetzt so gut wie unerklärt; Emden sagt darüber „die billige Erklärung, dieselben seien emporgeschleuderte Gasmassen, deren Hauptbestandteil Wasserstoff ist, dürfte wohl ziemlich allgemein als Notlüge angesehen werden".

Die Schmidtsche Sonnentheorie, die bereits in die Handbücher übergegangen ist, ist nach Emden gänzlich unhaltbar; auch die Quellen der Sonnenenergie sind bis jetzt unbekannt.

Hält man ein brennendes Zündhölzchen unter die (nicht mit Äther begossene) Kugel, so erscheint dort ebenfalls der Umriß verunstaltet.

II. Versuch. Eine rechteckige Fensterglastafel, die kleinere Rechteckseite soll wenigstens 12—13 cm lang sein, wird auf 2—3 cm Breite auf einem Bunsenbrenner recht stark erhitzt und dann in die Strahlenrichtung eingestellt (Entfernung von *a*, Fig. 5, etwa 1,5 m). Das Glas erscheint an der erhitzten Stelle stark verdickt, etwa so, wie es Fig. 8 darstellt. Hält man die Platte horizontal, so erscheint der Rand aufgetrieben (Fig. 8, rechts).

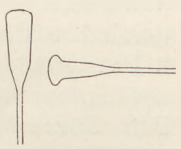


Fig. 8.

Noch einige Versuche. Man nehme eine kleine Cuvette aus Spiegelglas mit etwa 1 cm innerer Weite, stelle sie auf einen etwa 10 cm dicken Holzblock, fülle sie mit Wasser und halte etwa $^1/_2$ Sekunde lang ein Kochsalzkorn (oder auch ein Eisstückchen) mit einer Pinzette in die Oberfläche; sofort sinkt die Lösung in dunklen Streifen abwärts; man wiederhole dies 2—3mal; dann sieht man den Boden der Cuvette stark deformiert, die Mitte scheint bedeutend tiefer zu liegen. Ich will nicht die langsamen Veränderungen beschreiben, welche diese scheinbare Deformation nach und nach durchmacht. Neigt man langsam den Boden der Cuvette zuerst auf eine Seite, dann auf die andere, und läßt hierauf die Cuvette ruhig stehen, so sieht man noch einige Zeit ein Wallen am Boden der Cuvette.

Dieser Versuch soll den Schülern die große Schädlichkeit selbst kleiner Dichteverschiedenheiten im optischen Glase dartun; denn es ist merkwürdig, wie wenig Salz eine so starke Deformation am Boden der Cuvette hervorbringt.

Man kann auch ein wenig zerdrücktes Salz zwischen die Fingerspitzen nehmen und auf die Oberfläche des Wassers aufstreuen; gewöhnlich sieht man dann von der Nähe die Schlieren am Projektionsschirm in lebhaften Farben. Nach einiger Zeit, nachdem sich alles beruhigt hat, kann man die Salzlösung am Boden der Cuvette mit einem Hölzchen etwas aufrühren; es entstehen sofort starke Schlieren.

Ich zeige gewöhnlich noch diesen Versuch (Verbreitung der Wärme in Flüssigkeiten durch Konvektion). Eine etwas größere Cuvette von Spiegelglas hat am Boden eine Bohrung (siehe Fig. 9), in welche man einen Stöpsel mit zwei Kupferdrähten und einer kleinen Schleife *a b c* von Platindraht einführt und mit Wasser füllt. Schickt man einen kurzen Strom (Akkumulatoren, 2—4 Volt) durch den Draht, so steigt das erwärmte Wasser in Pilzform aufwärts und verteilt sich auf die Oberfläche. Wiederholt man den Versuch einigemal, so kann man die Schicht wärmeren Wassers auf der Oberfläche mit einem Hölzchen aufrühren und sieht die dadurch erzeugten Schlieren.

Fig. 9.

Weitere leichte Versuche über empfindliche (nicht brennende) Leuchtgasstrahlen, Strahlen von Ätherdampf, über Interferenzfarben an dünnen Ätherdampflamellen u. a. sind in meiner schon anfangs erwähnten Mitteilung (*Pogg. Ann. 1880, 9, S. 502*) beschrieben.

Über die Darstellung eines reinen Spektrums durch Newton.

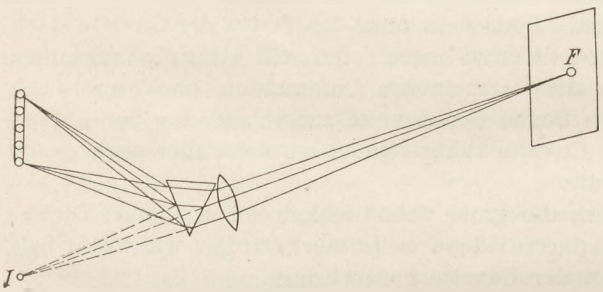
Von

V. Dvořák in Agram.

Beim Durchblättern der neuesten Auflage der von Lummer bearbeiteten Optik in Pfaundlers bekanntem Lehrbuche fand ich zwei Stellen, S. 145 und 155, worin behauptet wird, Newton hätte deshalb nicht die Fraunhoferschen Linien bemerkt, weil er das Spektrum nur auf die allereinfachste Weise darstellte, nämlich mit einer runden Öffnung am Fensterladen und Prisma. Wollaston hätte dann einen Spalt genommen

und noch einen zweiten Spalt unmittelbar vor dem Prisma angebracht und so die stärksten Linien bemerkt.

In Wirklichkeit hat Newton das „reine" Spektrum ebenso erzeugt, wie wir es heute tun, wenn wir die Fraunhoferschen Linien objektiv zeigen wollen, also mit Spalt, Linse und Prisma im Minimum der Ablenkung, und zwar ist er dabei mit großer Sorgfalt und Sachkenntnis vorgegangen. Es dürfte vielleicht nicht ohne Interesse sein, wenn ich die betreffenden Stellen sowie die Figur aus der Clarkeschen lateinischen Übersetzung der Newtonschen Optik hersetze[1]). *F* ist die runde Öffnung im Fensterladen, das übrige sieht man aus der Figur. Nun sagt Newton im Lib. I, pars I, propositio IV („*Separare a se invicem heterogeneos luminis compositi radios*"), experim. XI in Kürze folgendes: Anstatt der runden Öffnung nehme man einen Spalt $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ Zoll breit . . .; um die Farben völlig zu trennen, kann man einen spitz zulaufenden Spalt nehmen . . .; auch sei das Zimmer sehr sorgfältig verdunkelt; die Kanten des Prismas und der Rand der Linse seien mit schwarzem Papier beklebt . . . . Was Newton über die Linse und das Prisma sagt, setze ich wörtlich hierher, weil das ein wichtiger Punkt ist. „*Oportet enim ut lens sit bona, qualis in conspicillis tubulatis adhiberi solet: insuper ut prisma sit angulo largiori, puta 65 aut 70 graduum; beneque factum, ex vitro bullis venulisque immuni, et faciebus non, ut fit, convexis aliquantum aut concavis, sed accurate planis: item ut summa cum cura perpolitum sit, quomodo vitra ad conspicilla tubulata poliuntur; non autem, uti vulgo fit, stanno usto solummodo leviter defrictum, quo cum foraminum ab arena restantium margines detriti sint, vitri facies adhuc innumeris perparvis laevibusque prominentiis aliquantulum convexis crispa manet.*"



Weiter erwähnt Newton, daß er wegen der großen Schwierigkeit der Beschaffung guter Glasprismen zuweilen (*nonnunquam*) ein Prisma aus Spiegelglasplatten benützte, welches mit einer konzentrierten Lösung von Bleizucker in Regenwasser gefüllt war[2]).

Jetzt zum Kern der Frage: warum hat Newton trotz seiner großen Sorgfalt und überlegenen Experimentierkunst doch keine Fraunhoferschen Linien gesehen? Soweit ich mich erinnere, vermutet man, daß das Glas seiner Prismen nicht rein genug war (siehe die Bemerkung unten). Newton besaß, wie man aus der „Optice" ersieht, mehrere Glasprismen, worunter sich solche mit Schlieren (Adern, venulae) befanden und deshalb schlecht waren. Ob die übrigen rein genug waren, ist natürlich nicht zu erraten, jedoch bedenke man die Schwierigkeit, wenn nicht Unmöglichkeit der Beschaffung etwas größerer Stücke optisch reinen Glases zu seiner Zeit; auch fehlte es ja an einer Methode, die Reinheit des Glasstückes zu prüfen.

Ich habe deshalb ein Flüssigkeitsprisma nach Newton eigenhändig (aus starkem Metallblech) hergestellt. Der brechende Winkel war 70°, die Spiegelglasplatten wurden ebenfalls von einem zerbrochenen Spiegel (gewöhnliche Handelsware) genommen; als Linse diente ein Convexbrillenglas von 50 cm Brennweite (Newton nahm eine Fernrohrlinse).

---

[1]) Optice . . . editio novissima, Lausannae et Genevae, MDCCXL.

[2]) Die Stelle lautet: „*Verum enimvero prismata ex vitro solida, quae hujus modi experimentis capiendis satis idonea sunt, comparare perdifficile est: Quamobrem ipse vasis ex speculorum confractorum partibus in formam prismatum, conclusa intus aqua pluvia, compactis, nonnunquam usus sum: et ad augendam refractionem aquam interdum Saccharo Saturni copiose imbuebam*".

Schon ohne Bleizucker waren die Linien im Spektrum gut sichtbar, und konnten selbst von einem ganz oberflächlichen Beobachter unmöglich übersehen werden. Mit Bleizucker war das Spektrum um die Hälfte breiter und die Linien in großer Zahl sichtbar; ich glaube, daß man selbst mit einem erstklassigen Prisma und Linse kein viel besseres Resultat erhalten würde (nämlich objektiv am weißen Schirm bei dieser Dispersion).

Ich vermute deshalb, daß noch ein anderer Umstand das Resultat Newtons ungünstig beeinflußte. Die Linien sind nämlich nur dann sichtbar, wenn das Prisma sehr nahe auf das Minimum der Ablenkung eingestellt ist; auch müssen die Strahlen in dem „Hauptschnitt" des Prismas verlaufen. Newton achtete zwar immer auf das Ablenkungsminimum[1]); da er jedoch keinen Heliostaten verwendete, so mußten die Linien, wenn sie vielleicht auch einmal sichtbar waren, mit der Bewegung der Sonne bald verschwinden; der Spalt und die brechende Kante des Prismas standen dabei horizontal.

Zur astronomischen Tafel für 1908.

Von

M. Koppe.

Die vollständige Erklärung ist der Sonderausgabe der Tafel[2]) beigegeben. Wir entnehmen ihr die folgenden Abschnitte, welche Beispiele für das neue Jahr 1908 enthalten, und ergänzen sie durch allgemeine Bemerkungen über einige astronomische Begriffe, die dem Laien nicht immer völlig klargelegt werden.

1. Wie können die in den Karten angegebenen Örter der Wandelsterne mit der Wirklichkeit verglichen werden? Es ist leicht, den Mond und die Planeten nach der Beobachtung mit bloßem Auge in einen vorhandenen Sternglobus von Tag zu Tag einzuzeichnen. Die Sonne bietet Schwierigkeiten; immerhin kann man aus den hellsten Sternen, die nach Sonnenuntergang das Dämmerungssegment begrenzen, auf die Gegend unter den Sternbildern schließen, die gerade die Sonne einnimmt. Diese direkte der Wahrnehmung sich aufdrängende Feststellung des jährlichen Sonnenlaufs ist, wenn auch roh, doch viel wirkungsvoller als die Deduktion aus zwei Arten von Beobachtungen[3]), nämlich 1. aus der wechselnden Sonnenhöhe mittags, bei der man wohl die Sonne, aber nichts vom Hintergrund der Sterne sieht; 2. aus dem Anblick des Sternhimmels zu einer bestimmten von der Räderuhr angegebenen Stunde, bei der die Sonne nur durch ihren verwickelten Einfluß auf die Regulierung der Räderuhr in die Gedanken eingreift. In Babylonien und in den Tropen ergeben die obengenannten Wahrnehmungen wegen der Kürze der Dämmerung größere Genauigkeit als in unserem Klima. Auch die Stellung der untergehenden Sonne zu der schon bei Tage sichtbaren Mondsichel, die später mit den Sternen zusammenleuchtet, kann zur Übertragung der Sonne in die Sternbilder benutzt werden. Im Laufe einiger Jahrzehnte erhält man ferner aus den beobachteten Mondfinsternissen als Gegenpunkte des Mondes eine Menge über die Ekliptik verstreuter genauer Sonnenörter.

2. Der Drehungssinn des Fixsternhimmels bei der täglichen Rotation. Für einen Beobachter, der, etwa in einer Hängematte ruhend, seinen Körper in die Richtung der Weltachse bringt, so daß sein Kopf nach dem Polstern α Ursae minoris gerichtet ist, geschieht die Drehung so, daß ein von ihm betrachteter Stern sich von

[1]) *Propositio II, theorema II, experimentum III: „Similiter, quotiescunque id agerem, ut refractiones in utraque prismatis facie inter se essent aequales . . . . . Atque in hac quidem positione, quippe omnium convenientissima, intelligendum est prismata omnia in sequentibus experimentis esse collocata. . . .*"

[2]) Man sehe auch die Mitteilung unter Korrespondenz S. 71.

[3]) Schlee, Schülerübungen in der elem. Astr.; Leipzig 1903, S. 9.

links nach rechts bewegt. Für einen Beobachter in Kapstadt ist die umgekehrte Lage bequemer, so daß der Kopf nach dem sichtbaren südlichen Polstern σ Octantis gerichtet ist, dann geschieht dieselbe Bewegung für diesen Beobachter von rechts (natürlich über vorn) nach links. Nahe dem Äquator, z. B. auf Java, kann man sich gleich leicht in beide Lagen versetzen. In Büchern über Astronomie und Geographie findet man meist den Sinn der Drehung so definiert, daß sie von Osten nach Westen erfolge, welcher Ausdruck wahrscheinlich gewählt ist, um Orte auf der nördlichen und südlichen Halbkugel zugleich zu umfassen. Aber diese Definition ist eine Tautologie, die keine Unterscheidung der beiden Drehungssinne ermöglicht. Denkt man dabei an Ostpunkt und Westpunkt des Horizonts, so sind diese diametral entgegengesetzt, und die Drehung kann ebensogut über den Südpunkt wie über den Nordpunkt erfolgen. In der Tat bewegen sich in Berlin die dem Horizont nahen Sternbilder von Osten über Süden nach Westen, in Kapstadt von Osten über Norden nach Westen. An einem Sommertage bewegt sich, für Berlin, die Sonne nach ihrem Aufgange in der Richtung vom Westpunkt zum Ostpunkt, dann von Osten nach Westen, zum Schluß wieder von Westen nach Osten. Daher ist die übliche astronomische Angabe, der Merkur gehe vor der Sonne immer von Osten nach Westen vorüber, an sich sinnlos, nur richtig, wenn man annimmt, daß die Sonne zufällig im Süden stehe. Bei dem vorletzten Durchgange, der in Berlin an einem Tage im Mai bald nach Sonnenaufgang beobachtet wurde, war das Gegenteil der Fall. Natürlich verstehen Astronomen unter sich die kritisierte Ausdrucksweise; es kommt aber darauf an, den Sachverhalt so darzulegen, daß er ohne persönliche Anweisung verstanden werden kann. — Die Drehungszeit ergibt sich, wenn man an zwei Abenden den Zeitpunkt feststellt, wo zwei bestimmte Sterne bei passender Stellung des Auges zugleich eine feste horizontale Gerade (vorspringende Dachkante) passieren[1]).

3. Die Lage der Planetenörter zu den Sternbildern. Diese läßt sich aus den Karten III bis VI erkennen. Mars durchläuft die Sternbilder Fische, Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage. Am 6. April steht er im Stier zwischen den Hyaden (Frischlingen) und den Plejaden (wilden Tauben[2]). Die Angabe von sog. Zeichen statt der Sternbilder, z. B. des Wortes aries als synonym für den Bezirk $0^0 \ldots 30^0$ der Ekliptik, den das Sternbild der Fische einnimmt, ist verwirrend für die Anschauung und überhaupt zwecklos, ein Überrest aus der sonst allgemein abgelehnten Astrologie, und zwar aus der Zeit, wo sie in toten poesielosen Formelkram entartete, — ohne jeden astronomischen Wert. Die sog. Horoskope, die aus dem Stande der Wandelsterne zum Horizont eines Ortes und zum Fixsternhimmel das Geschick eines Menschen vorher bestimmten, der dort gerade geboren wurde, entsprachen ursprünglich zur Zeit der alten Chaldäer dem wirklichen Stande der Gestirne und boten so einen Anreiz zu astronomischen Studien. Im Mittelalter wurden daraus leere Spiele des Kalkuls; nach den Regeln der Alten wurde weiter gerechnet, ohne zu beachten, daß der Himmel allmählich die Voraussetzungen derselben Lügen strafte, indem z. B. die Frühlingssonne nicht mehr vom Widder, sondern von den Fischen aus strahlte. Um nicht den Buchstaben zu stören, wurde das Sternbild der Fische durch ein supponiertes Zeichen Widder ersetzt. So wurde ja auch später die vom Himmel zu entnehmende Osterbestimmung auf das falsche Geleise von Rechenexempeln geschoben, die nach ein paar Jahrhunderten den Himmelserscheinungen völlig widersprachen. Während aber hier die Kalenderverbesserung den alten Geist in seine Rechte einsetzte, führen die astrologischen Zeichen aries taurus noch heute im Kalendermaterial

[1]) Das inhaltreiche Programm von Hoffmann, Gestaltung des Unterrichts in der math. Himmelskunde, Bromberg 1907 (vgl. auch dieses Heft, S. 67), gibt auf S. 9 ein anderes Verfahren.

[2]) Nicht Regen- und Schiffer-Gestirn, wie Büchel, Über Sternnamen, Hamburg 1905, übersetzt. Denn das würde bei der Nähe beider Gestirne besagen, daß die Schiffahrt von den alten Griechen zur Zeit der Winterregen ausgeübt wurde.

der Kulturstaaten ein Scheinleben. Die wenig erhebliche Tatsache, daß die Sonne 30° oder 60° vom Frühlingspunkt entfernt ist, wird in der Form gebucht: Die Sonne tritt in das Zeichen des Stieres, der Zwillinge, tatsächlich tritt sie in das Sternbild Widder, Stier. So erscheinen die einfachsten Dinge in mystischer, unverständlicher Form. Der Mond, der in ein paar Tagen aus einem Sternbild in das nächste eilt, würde leicht die Bekanntschaft mit diesen Sternbildern vermitteln können, wenn nur nicht im Kalender der Suchende überall Steine statt Brot erhielte, da die dort angebrachten krausen astrologischen Zeichen immer neben die richtigen Sternbilder treffen. Auch in der Geographie haben die Wendekreise mit Krebs und Steinbock nichts mehr zu schaffen, höchstens mit Zwillingen und Schützen, sie können einfach als nördlicher und südlicher unterschieden werden wie die Polarkreise. Die Verse: „Sunt aries taurus . . .“ sind vorläufig nur eine schöne Übung im Skandieren, da sie erst in 23 000 Jahren wieder eine Wesensbeziehung zum Himmel erlangen werden.

4. Mond. Die Karte VII stellt zunächst den Lauf eines erdichteten, mittleren Mondes dar, der, ohne sich weit von dem wahren zu entfernen, immer auf der Ekliptik bleibt und jeden Tag um denselben Bogen fortschreitet. Er legt den ganzen Weg in $27\frac{1}{3}$ Tagereisen von je $13^0 10'$ zurück, die in der Karte durch Zahlen bezeichnet sind. Um für eine beliebige Zeit, z. B. Dezember 26, 6^h nachmittags, den Ort des mittleren Mondes bequem zu finden, ist für jeden Monat eine besondere Epoche (Ruhepunkt, Start) festgesetzt und mit einer römischen Zahl bezeichnet, für Dezember mit XII. Diese Zahl bezeichnet den Punkt, wo der mittlere Mond bei Beginn des 30. November (oder Dezember 0) nach bürgerlicher Rechnung steht. Er ist dann vom Frühlingspunkt 24,7 Tagereisen entfernt, steht also am 1. Dezember 0^h und 2. Dezember 0^h bei 25,7 und 26,7 der nach Tagereisen geteilten Skala der Ekliptik.

Wir bezeichnen die Zeit nach der Art der Italiener, der belgischen Fahrpläne und des Annuaire du bureau des longitudes so, daß der bürgerliche Tag, von Mitternacht bis Mitternacht, in 24 Teile zerlegt wird, deren Anfangspunkte der Reihe nach 0^h, 1^h, . . . 23^h heißen. Mittag wird also mit 12^h bezeichnet.

Der angegebene Zeitpunkt ist also Dez. $26^d 18^h$ = Dez. $26{,}8^d$. Der Ort des mittleren Mondes fällt auf XII + $26{,}8^d$ = 24,7 + 26,8 = 51,5 Tagereisen oder, wenn man einen vollen Umlauf = 27,3 wegläßt, auf 24,2 Tagereisen = 318° Länge.

In der Karte VII ist die Mondbahn für die Mitte des Jahres gezeichnet, sie schneidet die Ekliptik im aufsteigenden und absteigenden Knoten ☊ und ☋, zugleich sind durch Υ_0 Ω_0 die Knoten zu Anfang, durch Ω_1 und Υ_1 zu Ende des Jahres angegeben, dadurch ist auch die Lage der Mondbahn bestimmt, die von den Knoten unverändert mitgenommen wird. Für Zwischenzeiten kann die Lage der Mondbahn leicht geschätzt werden. Bei 318° Länge hat die für Dezember gültige Mondbahn die Breite -4^0.

Der Mond durchläuft seine Bahn nicht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit; die Tagereisen am Perihel (π) sind größer, die am Aphel (α) kleiner als der mittlere Wert. Trifft daher der mittlere Mond mit dem wahren in π und α zusammen, so ist der wahre Mond, nachdem er das Perihel passiert hat, bis zum Aphel dem mittleren etwas vorauf, von da ab bleibt er gegen ihn zurück. Wieviel man zur Länge des mittleren Mondes hinzulegen muß, um die des wahren zu erhalten, wird durch die Mittelpunkts-Gleichung angegeben, die durch die positiven und negativen Ordinaten einer Kurve $\pi\alpha$ dargestellt ist für die Mitte des Jahres. Für den Anfang ist sie nach $\pi_0 \alpha_0$, für das Ende nach $\pi_1 \alpha_1$ zu verschieben. Bei 318° Länge ist die zugehörige Ordinate = -3^0. Daher ist die wahre Länge des Mondes = $318^0 - 3^0 = 315^0$, die Breite = -4^0. Er steht zwischen ι und ζ des Steinbocks.

5. Finsternisse. Eine Sonnenfinsternis ereignet sich, wenn Sonne und Mond an einem Punkte zur Konjunktion kommen, der höchstens 18° vom Knoten ihrer Bahnen entfernt ist. Mit Hilfe der in Karte I angegebenen Punkte der Sonnenbahn, wo solche Konjunktionen stattfinden, läßt sich leicht finden, wann günstige Gelegen-

heiten eintreten. Man überträgt aus der Karte der Mondbahn die Strecken, auf denen die beiden Knoten variieren, in die Karte I, auf der Strecke des absteigenden Knotens liegen die Neumonde vom 3. Januar und 23. Dezember, auf der des aufsteigenden Knotens der vom 28. Juni. Die drei entsprechenden Sonnenfinsternisse bleiben bei uns unsichtbar.

Eine Mondfinsternis findet statt, wenn bei Vollmond die Sonne höchstens 12° von einem Knoten entfernt ist. Aus Karte I sind alle Orte des Fixsternhimmels, wo die Sonne zur Zeit irgend eines Vollmondes steht, als Mitten zwischen zwei Neumonden leicht zu erkennen. Von diesen fällt in die Nähe des absteigenden Knotens der Vollmond vom 7. Dezember, doch bleibt der Abstand etwas zu groß, so daß keine wirkliche Mondfinsternis zustande kommt.

6. Sternzeit. Man muß nicht glauben, daß man die Sternzeit leicht durch Augenmaß aus dem Winkel schätzen kann, den der Bogen: Pol-βCassiopejae-αAndromedae mit dem Meridianbogen Pol-Zenit bildet[1]). Man irrt sich um Stunden. Der Grund ist, daß man die beiden Linien, deren Winkel geschätzt werden soll, auf die Fläche des scheinbaren Himmelsgewölbes am Pol projiziert, und daß diese nicht als eine zur Blickrichtung normale Ebene aufgefaßt wird, sondern sehr flach nach dem Nordpunkt hin zu sinken scheint. Um sich vor dem Irrtum zu schützen, stelle man aus Holzstäben zwei rechte Winkel her, bringe die längeren Schenkel gemeinsam in eine nach dem Polstern gerichtete Röhre und drehe die kürzeren so, daß sie den vertikalen Bogen Pol-Zenit und den Bogen Pol-βCassiopejae für einen am untern Ende der Röhre stehenden Beobachter verdecken. Klemmt man dann die Stäbe in der Röhre fest, so kann man die Sternzeit an dem Winkel der freien Schenkel richtig schätzen.

7. Räumliche Bahn der Planeten. Die Angaben der astronomischen Tafel sind Folgerungen aus den allgemeinen Gesetzen der Planetenbewegung und den Werten der Bahn-Elemente. Durch einfache Zeichnungen kann man erkennen, wie es möglich ist, solche Folgerungen zu ziehen, wenn man sich begnügt, die Bahnen um die Sonne als kreisförmig anzusehen. Die folgende Tabelle liefert für eine bequeme Epoche die notwendigen Konstanten[2]).

	Mittlere Länge 1908 Jan. 0. 0^h	Änderung in 365 d (U. = Umlauf)	Änderung in 366 d (U. = Umlauf)	Möglicher Fehler	Radius der Bahn
Merkur	249,8°	4 U. 53,72°	4 U. 57,81°	23°	0,39
Venus	341,8°	1 U. 224,79°	1 U. 226,39°	1°	0,72
Erde	98,2°	359,76°	1 U. 0,75°	2°	1,00
Mars	24,3°	191,29°	191,81°	11°	1,52
Jupiter	120,8°	30,35°	30,43°	6°	5,20
Saturn	4,4°	12,23°	12,26°	6°	9,54
Uranus	278,5°	4,30°	4,31°	5°	19,2
Neptun	102,6°	2,20°	2,21°	1°	30,1

Die Epoche „Jan. 0“ bedeutet den Anfang des Tages, welcher dem Tage „Jan. 1“ voraufgeht, also „31. Dez. 0^h, Mitternacht“. Dies wird bei konsequenter Durchführung der italienischen Stundenbezeichnung notwendig.

8. Mondort. Diesen kann man fast auf einen Grad genau berechnen, wenn man die Zeiträume kennt, in welchen der Mond zum Frühlingspunkt, zum Knoten, zum Perigäum zurückkehrt (tropischer Monat M_1, Drachenmonat M_2, anomalistischer

[1]) Schlee, l. c., S. 9.

[2]) In den letzten beiden Jahrgängen der Sonderausgabe war die Länge des Mars fehlerhaft. Es mußte heißen: 1906,0 . . . 1,7°; 1907,0 . . . 193,0°. Die Herren A. Schülke, Königsberg, und W. Meinecke, Magdeburg, bemerkten den Fehler.

Monat M_3), und je eine Epoche, d. h. einen Zeitpunkt, wann der Mond in einem dieser drei Punkte stand.

	trop. Monat M_1	Drachenm. M_2	anom. Monat M_3
Dauer	27,322 d	27,212 d	27,555 d
Epoche 1907	XII 13 d 11 h	XII 21 d 10 h	XII 8 d 16 h.

Es sei zu bestimmen der Mondort für 1908 Dez. 26 d, 18 h. Man berechne die seit den Epochen vergangenen Zeiten erst in Tagen, dann in Monaten der zugehörigen Art:

$T_1 = 379{,}29^{\text{d}} = 13{,}882\ M_1$ $\quad T_2 = 371{,}33^{\text{d}} = 13{,}646\ M_2$ $\quad T_3 = 384{,}01^{\text{d}} = 13{,}936\ M_3$.

Die entsprechenden durchlaufenen Bogen sind, von vollen Umläufen abgesehen,

$\psi_1 = 0{,}882\ U. = 317{,}5^0$ $\quad \psi_2 = 0{,}646\ U. = 232{,}6^0$ $\quad \psi_3 = 0{,}936\ U. = 337{,}0^0$.

Dann ist die mittlere Länge des Mondes $= \psi_1$, die Breite $= 5^0 \sin \psi_2 = -4^0$, die Mittelpunktsgleichung $= 6{,}3^0 \sin \psi_3 = -2{,}5^0$. Folglich die wahre Länge $= 317{,}5^0 - 2{,}5^0 = 315^0$, die Breite $= -4^0$.

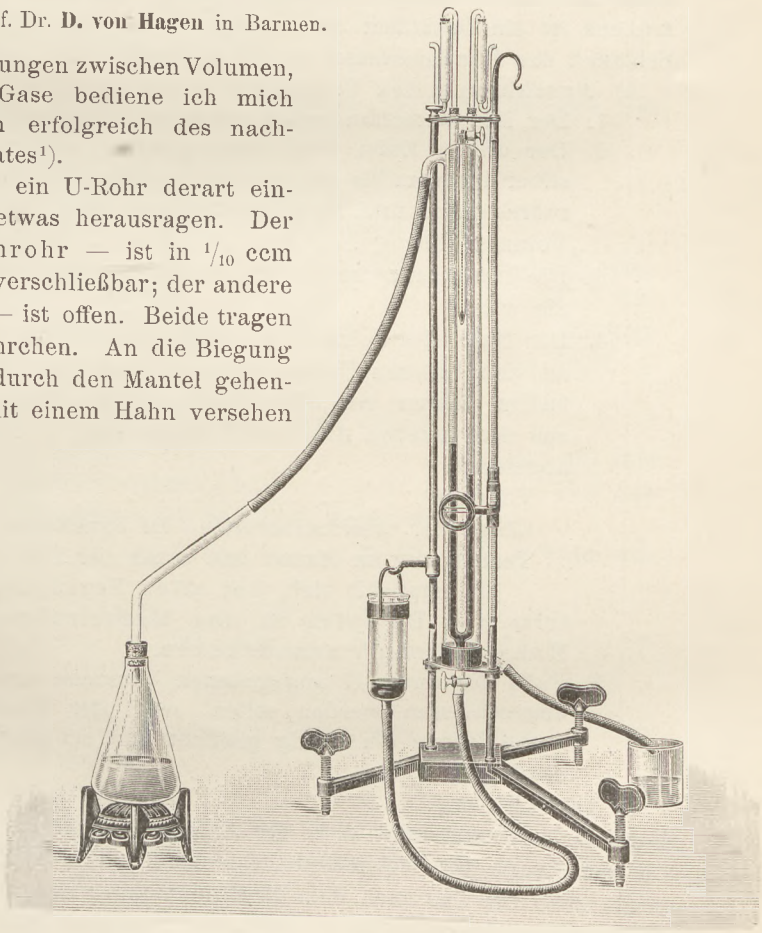
Ein Apparat zur Demonstration der Beziehungen zwischen Volumen, Druck und Temperatur der Gase.

Von

Prof. Dr. **D. von Hagen** in Barmen.

Zum Nachweis der Beziehungen zwischen Volumen, Druck und Temperatur der Gase bediene ich mich seit einer Reihe von Jahren erfolgreich des nachstehend beschriebenen Apparates[1]).

In einen Glasmantel ist ein U-Rohr derart eingeschmolzen, daß die Enden etwas herausragen. Der eine Schenkel — das Volumrohr — ist in $^1/_{10}$ ccm geteilt und durch einen Hahn verschließbar; der andere Schenkel — das Druckrohr — ist offen. Beide tragen ein mit $CaCl_2$ beschicktes Röhrchen. An die Biegung schließt sich nach unten ein durch den Mantel gehendes Rohr, welches ebenfalls mit einem Hahn versehen ist. An dasselbe ist ein starkwandiger, umklöppelter Schlauch angeschlossen, der zu einem kleinen Eimerchen führt, welches bei geschlossenem unteren Hahn zu etwa $^2/_3$ mit sehr gut getrocknetem Quecksilber beschickt wird, mit etwas Watte abgedeckt ist und am Stativ entweder unten oder oben an einen Haken gehängt werden kann. Im Glasmantel ist außerdem ein in $^2/_{10}$ Grade geteiltes Thermometer vorgesehen. Seitlich oben ist



[1]) Anfertigung allein durch die Firma Ferd. Ernecke in Berlin-Tempelhof.

ein Zuleitungsrohr für Wasserdampf und unten ein Abflußrohr für das Kondenswasser angeordnet. Am Stativ befindet sich eine mm-Skala. Die Ablesung erfolgt mit Nonius, die Einstellung auf die Quecksilberkuppen durch Diopter. Diese Seite des Apparates ist dem Lehrer zugekehrt. Auf der den Schülern zugewendeten Seite befindet sich eine zweifarbige und daher weithin sichtbare cm-Teilung, vor welcher ein rot gestrichener Zeiger spielt, der mit dem Diopter fest verbunden ist, und dessen Angaben mit denen des Nonius übereinstimmen. Die Schüler lesen die ganzen cm ab und schätzen die Anzahl der mm, während der Lehrer letztere genau anzugeben vermag.

Nach Beendigung der Versuche ist der Hahn des Volumrohres zu lockern.

Die Höhe des Apparates beträgt etwa 1,20 m. Seine Handhabung möge in Verbindung mit zwei Beispielen erläutert werden.

I. Bestätigung der Zustandsgleichung der Gase.

a) Vorbereitung: Man stellt den Apparat mit Hilfe des an ihm angebrachten Lotes vertikal, schließt den unteren Hahn und hängt das Eimerchen an den oberen Haken. Eine Verschiebung des unteren Hakens ist niemals erforderlich. Der Hahn des Volumrohres wird geöffnet und leicht angedrückt. Das Diopter wird auf die abzuschließende Anzahl ccm eingestellt und das obere seitliche Ansatzrohr mit einem Dampferzeugungsapparat verbunden (bei Verwendung eines Glaskolbens ist ein Drahtnetz unterzulegen); von dem unteren seitlichen Rohr führt ein Schlauch das Kondenswasser zu einem Becherglas.

b) Ausführung des Versuchs:

1. Der Barometerstand wird abgelesen. Er war z. B. bei 24,0° $b = 747{,}0$ mm
2. Der untere Hahn wird etwas geöffnet, so daß das Quecksilber langsam bis zu dem gewünschten Teilstrich des Volumrohres steigt, und, nachdem dies geschehen, geschlossen. Das Volumen betrug . . . . . $v_1 = 45{,}0$ ccm
3. Die Temperatur im Innern des Mantelrohres wird abgelesen. Sie war . . . . . $t_1 = 24{,}4^0$
4. Der Hahn des Volumrohres wird geschlossen, das Eimerchen an den unteren Haken gehangen und das Wasser zu lebhaftem Sieden gebracht. Nachdem der Dampf kurze Zeit aus dem unteren Ansatzrohr ausgeströmt ist, wird folgendes abgelesen:
   Volumen . . . . . $v_2 = 50{,}3$ ccm
   Länge der Quecksilbersäule l im Druckrohr . . . . . $l = 89{,}4$ mm
   Temperatur im Mantel und somit der Luft im Volumrohr $t_2 = 99{,}5^0$
   Es empfiehlt sich, bei allen Versuchen nach Eintritt des Dampfes in das Mantelrohr den oberen Hahn mehrfach anzudrücken.
5. Falls die unter II angegebenen Versuche nicht unmittelbar angeschlossen werden sollen, wird der Dampf abgestellt, beide Hähne ein wenig geöffnet und schließlich der obere etwas gelockert.

c) Berechnung:

Der red. Barometerstand, d. h. der Anfangsdruck, ist . . . . . $p_1 = 743{,}7$ mm
Die red. Länge der beobachteten Quecksilbersäule ist . . . . . $l_1 = 87{,}8$ mm
Somit steht das Gas nach dem Erwärmen unter dem Druck $p_1 + l_1 = p_2 = 831{,}2$ mm
Die Anfangstemperatur ist . . . . . $t_1 = 24{,}4^0 = 297{,}4^0$ (abs.) $= T_1$
Die Endtemperatur ist . . . . . $t_2 = 99{,}5^0 = 372{,}5^0$ (abs.) $= T_2$

Nun ist

$$\left.\begin{aligned}\frac{v_1 p_1}{T_1} &= \frac{45{,}0 \cdot 743{,}7}{297{,}4} = 112{,}8\\ \frac{v_2 p_2}{T_2} &= \frac{50{,}3 \cdot 831{,}2}{372{,}5} = 112{,}2\end{aligned}\right| \text{ und somit } \frac{v_1 p_1}{T_1} = \frac{v_2 p_2}{T_2}.$$

II. Bestätigung der einzelnen Gasgesetze.

a) Der Druck bleibe konstant.

1. Die Vorbereitungen sind dieselben, wie oben angegeben.
   Es sei eingestellt das Volumen . . . . . $v_1 = 50{,}0$ ccm
   Die Temperatur im Mantelrohr betrug . . . . . $t_1 = 17{,}5^0$
2. Das Eimerchen wird an den unteren Haken gehangen und Wasserdampf durch das Mantelrohr geschickt. Nach Austritt desselben wird der untere Hahn so lange geöffnet, bis die Quecksilberkuppen in beiden Rohren in einer Horizontalen liegen.
   Das Volumen war jetzt . . . . . $v = 64{,}0$ ccm
   Die Temperatur betrug . . . . . $t_2 = 99{,}3^0$

Der Dampfstrom wird nicht abgestellt.

Nun ist

$$\left.\begin{aligned}\frac{v_1}{v} &= \frac{50{,}0}{64{,}0} = 0{,}781\\ \frac{T_1}{T_2} &= \frac{290{,}5}{372{,}3} = 0{,}780\end{aligned}\right| \text{ und demnach } \frac{v_1}{v} = \frac{T_1}{T_2},$$

d. h. erwärmt man ein Gas bei gleichbleibendem Druck, so verhalten sich die Volumina wie die absoluten Temperaturen.

b) Die Temperatur bleibe konstant.

1. Man hängt, während der Dampfstrom durch den Apparat geht, das Eimerchen an den oberen Haken und stellt durch Öffnen des unteren Hahnes ein neues Volumen her, z. B. . $v_2 = 58{,}0$ ccm
2. Der Barometerstand bei $17{,}5^0$ betrug . . . . . $b = 743{,}0$ mm
3. Die Länge der Quecksilbersäule im Druckrohr war . . . $l = 75{,}2$ mm
4. Temperatur wie bei 1. . . . . $t_2 = 99{,}3^0$
5. Berechnung:
   Der red. Barometerstand, d. h. der Druck, unter dem das Volumen $v = 64{,}0$ ccm steht, ist . . . . . $p_1 = 740{,}7$ mm
   Die red. Länge der Quecksilbersäule l ist . . . . . $l_1 = 73{,}9$ mm
   Demnach steht das Volumen $v_2 = 58{,}0$ ccm unter dem Druck . . . . . $p_1 + l_1 = p_2 = 814{,}6$ mm

Nun ist

$$\left.\begin{aligned}\frac{v}{v_2} &= \frac{64{,}0}{58{,}0} = 1{,}104\\ \frac{p_2}{p_1} &= \frac{814{,}6}{740{,}7} = 1{,}109\end{aligned}\right| \text{ und somit } \frac{v}{v_2} = \frac{p_2}{p_1},$$

d. h. komprimiert man ein Gas bei gleichbleibender Temperatur, so verhalten sich die Volumina umgekehrt wie die Drucke.

c) Das Volumen bleibe konstant.

1. Das Eimerchen hängt am oberen Haken. Der untere Hahn wird geöffnet und die Quecksilberkuppe im Volumrohr wieder auf das Anfangsvolumen $v_1 = 50{,}0$ ccm eingestellt.
2. Die Quecksilbersäule im Druckrohr besaß jetzt die Länge . $l_2 = 203{,}8$ mm
   Die Temperatur ist wie vorhin . . . . . $t_2 = 99{,}3^0$

3. Berechnung:

Der red. Barometerstand, d. h. der Druck, unter dem das Volumen $v_1 = 50{,}0$ ccm bei der Temperatur $t_1 = 17{,}5^0$ stand, war . . . . . $p_1 = 740{,}7$ mm

Die red. Länge der Quecksilbersäule l_2 ist . . . . . $l_3 = 200{,}2$ mm

Somit beträgt der Druck, unter welchem das Volumen $v_1 = 50{,}0$ ccm bei der Temperatur $99{,}3^0 = 372{,}3^0$ (abs.) $= T_3$ steht . . . . . $p_1 + l_3 = p_3 = 940{,}9$ mm

Nun ist

$$\left.\begin{aligned} \frac{p_1}{p_3} &= \frac{740{,}7}{940{,}9} = 0{,}787 \\ \frac{T_1}{T_3} &= \frac{290{,}5}{372{,}3} = 0{,}780 \end{aligned}\right| \text{ und daher } \frac{p_1}{p_3} = \frac{T_1}{T_3},$$

d. h. erwärmt man ein Gas bei gleichbleibendem Volumen, so verhalten sich die Drucke wie die absoluten Temperaturen.

III. Ableitung der Zustandsgleichung.

Sie ergibt sich durch Multiplikation der beiden ersten unter II erhaltenen Gleichungen:

Gay-Lussac (IIa): $\frac{v_1}{v} = \frac{T_1}{T_2}$; $\frac{50{,}0}{64{,}0} = \frac{290{,}5}{372{,}3}$

Mariotte (IIb): $\frac{v}{v_2} = \frac{p_2}{p_1}$; $\frac{64{,}0}{58{,}0} = \frac{814{,}6}{740{,}7}$

$$\frac{v_1}{v} \cdot \frac{v}{v_2} = \frac{T_1}{T_2} \cdot \frac{p_2}{p_1}$$

Zustandsgleichung: $\frac{v_1 p_1}{T_1} = \frac{v_2 p_2}{T_2}$; $\frac{50{,}0 \cdot 740{,}7}{290{,}5} = \frac{58{,}0 \cdot 814{,}6}{372{,}3} = \sim 127.$

Mit großem Vorteil benutze ich den Apparat auch für die Demonstration des Mariotteschen Gesetzes allein, sowohl für Kompression als auch für Expansion bei Zimmertemperatur, und ergreife in der Wärmelehre — wie oben angegeben — nochmals die Gelegenheit, die Gültigkeit genannten Gesetzes bei der Temperatur des siedenden Wassers zu bestätigen.

Besonders hat mir der Apparat auch bei den physikalischen Übungen seit Semestern wertvolle Dienste geleistet. Die mit ihm erzielten Ergebnisse waren durchweg außerordentlich befriedigend, wie die oben angeführten Zahlen zeigen, die von Schülern ermittelt sind.

Eine Modellstation für Wellentelegraphie.

Von

Dr. **K. Bangert** in Charlottenburg.

(Mitteilung aus dem Kaiserl. Telegraphen-Versuchsamt.)

Von der Reichs-Telegraphen-Verwaltung wurde die Forderung gestellt, ein Modell für Wellentelegraphie zu Unterrichtszwecken auszuarbeiten, das ohne außergewöhnliche Aufwendungen mit den einfachsten Mitteln hergestellt werden kann.

Im folgenden ist die Form beschrieben, die sich für diesen Zweck bewährt hat. Das Modell der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie ist bis in Einzelheiten eine Nachbildung des Systems Telefunken. Die hier beschriebene Anordnung verzichtet zugunsten der Einfachheit auf die Anwendung gekoppelter Systeme.

1. Der Sender.

Der Sender ist in Figur 1 skizziert. Er besteht aus einem vertikalen Messingdraht A von 75 cm Länge und 3 mm Dicke, der Antenne, und einer Gegenkapazität G, die von einer Zinkplatte von 1 mm Dicke und 40×40 cm Oberfläche gebildet wird. Auf der Mitte der Zinkplatte ist eine Halbkugel aus Zink aufgelötet, welche die eine Elektrode der Funkenstrecke bildet; die andere Elektrode ist das untere Ende der Antenne, die mittels eines Gewindes in einer Holzbrücke B über der Zinkhalbkugel sitzt; durch das Gewinde kann die Funkenstrecke nach Bedarf vergrößert oder verkleinert werden, sie wird zweckmäßigerweise ungefähr $^1/_2$ mm groß gewählt. Um diese Funkenstrecke ist ein kreisrunder, etwa 3 cm hoher und 5 cm weiter Messingblechring M auf der Zinkplatte aufgelötet, damit die Funkenstrecke in dem so gebildeten Gefäß unter Petroleum gesetzt werden kann. Das Petroleumbad ist dabei unerläßlich für die nötige Aktivität des Funkens. Um schädliche Büschelladungen zu verhindern, bringt man am oberen Ende der Antenne eine kleine Messingkugel an.

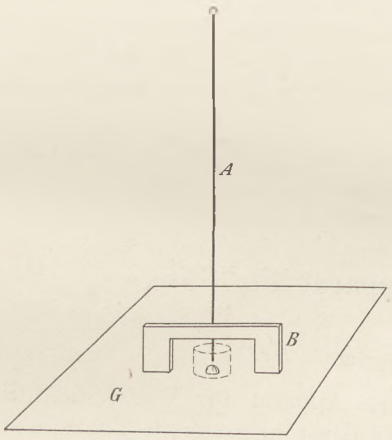


Fig. 1.

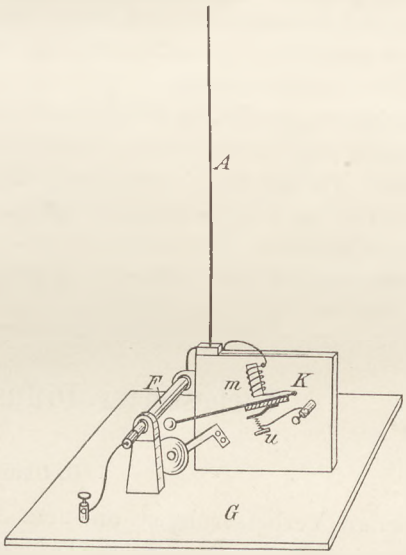


Fig. 2.

Zur Speisung der Funkenstrecke kann ein kleines Induktorium dienen, das mit 3 Trockenelementen (etwa 4 Volt) erregt wird. Die Zuführungen werden einerseits an die Antenne kurz über der Funkenstrecke gelegt, andererseits an das Zinkblech. Ein Taster zum Zeichengeben macht die Sendestation vollständig.

2. Der Empfänger.

Der Empfänger, der in Figur 2 veranschaulicht wird, ist auf einer 40×40 cm großen Holzplatte mit Stanniolbelag G aufmontiert, diese wirkt als Gegenkapazität oder Erde; die Antenne A schließt sich mit einer Länge von 75 cm den Dimensionen des Senders an; sie trägt hier an ihrem oberen Ende keine Messingkugel. Zwischen Antenne und der Gegenkapazität liegt der Fritter F. Dieser besteht aus einem Reagierrohr, dessen Boden abgesprengt war, und ist gefüllt mit kleinen Eisenholzschrauben (5 Gros); zwei Messingscheiben mit Zuführungen nach außen durch 2 Korke hindurch schließen den Fritter ab. Ein derartiger Fritter kann mit Vorteil beim Arbeiten mit kurzen Hertzschen Wellen als Indikator im Strombauch der Schwingung verwendet werden[1]). Zum Entfritten dient der Klöppel einer elektrischen Klingel K, die auf einer vertikalen

[1]) Vgl. hierzu F. Kiebitz, Ann. d. Phys. 6, 741, 1901; Ph. E. Robinson, Ann. d. Phys. 11, 574, 1903; F. Hodson, Ann. d. Phys. 14, 973, 1904.

Holzplatte so angebracht ist, daß die Unterbrechungsfeder nach unten liegt und der Klöppel sich in einem mäßigen Abstand von ungefähr 1 mm unter dem Fritter befindet. Unter dem Klöppel ist mittels eines Winkelhakens die Weckerglocke am Vertikalbrett angebracht. Sowohl Glocke als auch Fritter sind in kleinen Grenzen verstellbar, damit ihr Abstand zum Klopfer reguliert werden kann.

Der Fritterstromkreis verläuft sonach folgendermaßen: Von den Elementen geht er an die Unterbrechungsfeder u, über die Elektromagnetwicklung m und den Fritter F zu den Elementen zurück. Die Anschlußstellen des Fritters am unteren Ende der Antenne und an der Erdplatte sind dabei mitbenutzt.

Im allgemeinen ist der Stromkreis infolge des Fritterwiderstandes unterbrochen. Treffen jedoch Wellen vom Sender ein, so schließt sich der Stromkreis über den Fritter, die Unterbrechungsfeder wird vom Schraubenkontakt abgerissen, und der Klöppel schlägt gegen den Fritter, wodurch dieser entfrittet wird und so wieder bereit ist, neue Wellen anzuzeigen. Es ist dabei für die Lebensdauer des Fritters wichtig, daß er entfrittet wird, wenn die Unterbrechungsfeder abgerissen ist, also der Fritter stromlos ist. Beim Rückschlag schlägt der Klöppel gegen die Glocke, so daß die Zeichen hörbar werden.

Mit dieser Anordnung können sehr exakte Zeichen gegeben und empfangen werden, und sie arbeitete durch mehrere Zimmer hindurch zuverlässig. Größere Intensität und Reichweite erreicht man, wenn man die Funkenstrecke des Senders mit einem Teslatransformator speist. Es ist nicht nötig, die angegebenen Abmessungen von Antenne und Gegenkapazität genau einzuhalten.

Der Apparat wird von der Firma Leppin & Masche, Berlin, in den Handel gebracht werden.

Verbesserter Diffusionsapparat für Gase.

Von

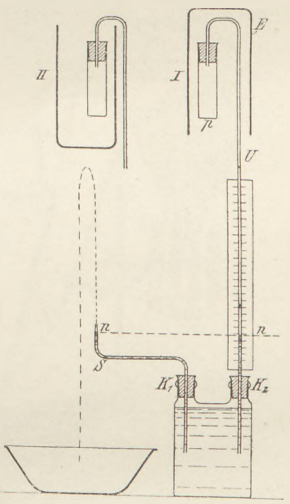
O. Ohmann in Berlin.

Einige Verbesserungen an dem bekannten Apparat für Wasserstoffdiffusionsversuche — der als wesentlichen Teil eine auf ein Glasrohr gesteckte Tonzelle zeigt — sollen nachfolgend beschrieben werden. Die erste Abänderung besteht darin, daß ich statt der üblichen Tonzelle eine Porzellanzelle aus sog. Pukallscher Masse verwende. Es ist dies eine besonders gute Art von Biskuitporzellan, die von der Königlichen Porzellanmanufaktur in Berlin (Verkaufsstelle Leipziger Straße 2) hergestellt wird. Dies Material ist kräftig und widerstandsfähig, man kann infolgedessen damit viel besser hantieren als mit den oft ziemlich weichen und zerbrechlichen Tonzylindern, die gerade beim festen Einsetzen von Pfropfen nicht selten versagen; die Porosität ist eine vorzügliche. Eine weitere Verbesserung besteht darin, daß es in einfachster Weise ermöglicht ist, den Apparat sowohl für Wasserstoff und andere luftleichtere Gase wie auch für Kohlendioxyd und andere luftschwerere Gase zu verwenden. Dies wird dadurch erreicht, daß das die poröse Zelle tragende Glasrohr oben eng U-förmig umgebogen ist (s. Fig), so daß einmal das Gefäß mit dem leichteren Gase ganz über das Glasrohr samt der Porzellanzelle gestülpt werden kann (Stellung I), während das andere Mal das Gefäß mit dem schwereren Gase von unten her zwischen Glasrohr und Porzellanzelle herangeführt wird (Stellung II).

Als Standgefäß verwende man einen kräftigen Erlenmeyer-Literkolben oder (wie in der Fig.) eine zweihalsige Woulfsche Flasche. Man montiere folgendermaßen: Man setze zunächst auf das Rohr U und das Spitzenrohr S die passenden drei Kautschukpfropfen, setze K_2 ein, bringe die Papierskala an, fülle das Standgefäß mit gefärbtem Wasser fast völlig an und setze K_1 ein. Für das Operieren mit beiderlei

Arten von Gasen ist es nun zweckmäßig, in dem Rohre eine stehende (etwa bis $n \ldots n$ reichende) Wassersäule zu haben. Man kann dies in verschiedener Weise erreichen, was hier wohl nicht näher ausgeführt zu werden braucht. Schiebt man schließlich die poröse Porzellanzelle p auf ihren Stopfen tordierend fest auf, so ist der Apparat gebrauchsfertig. Es empfiehlt sich, die saubere, jedoch Verunreinigungen leicht annehmende Zelle mit reinem Tuche zu fassen und später nach dem Abnehmen eingewickelt aufzubewahren, um sie vor Staub zu schützen.

Als Gasauffanggefäß ist ein größeres Elementenglas E mit oben abgeschliffenem Rande einem zerbrechlichen Becherglase vorzuziehen; es genügt, die Füllung einfach mittels Luftverdrängung durch Einführen eines Kautschukschlauches vorzunehmen.



Was die Versuche selbst betrifft, so halte ich das bloße Überstülpen (bzw. von unten Heranführen) des mit dem Gase gefüllten Zylinders für überzeugender, als wenn man gleichzeitig einen andauernden Gasstrom hinzutreten läßt, wenngleich durch letzteres die Wirkung anfangs etwas erhöht wird. Als Versuche empfehle ich: 1. einen Versuch mit Leuchtgas, 2. mit Wasserstoff; nach Erwähnung des Gesetzes, daß die Diffusionsgeschwindigkeit zweier Gase umgekehrt proportional ist der Quadratwurzel aus ihrer Dichte, gehe man zu spezifisch schwereren Gasen über und mache 3. einen Versuch mit Sauerstoff: die Wassersäule in U steigt bei n um wenige cm. Der Versuch wird wohl sonst kaum empfohlen, er ist aber insofern von Wert, als er zeigt, daß bei einem Gase, dessen Gewicht so wenig von dem der Luft unterschieden ist, bereits eine Wirkung eintritt. Vor Anstellen des 4. Versuches mit Kohlendioxyd lasse man durch Vergleichen der Gasdichten im Hinblick auf das Diffusionsgesetz schätzungsweise ermitteln, daß auch bei Anwendung dieses schwereren Gases die Wirkung im Vergleich zum Wasserstoff nur gering sein kann: die Wassersäule in U steigt um etliche cm.

Beim Aufbauen des vorliegenden Apparates wurde Einfachheit erstrebt; daher ist z. B. die zuweilen empfohlene Glaskugel im Hauptrohr weggelassen, denn sie ist nicht durchaus erforderlich: bei zu schnellem Aufsteigen der Wassersäule in U — nach dem Abheben des Wasserstoffgefäßes — braucht man nur das andauernd mit der Öffnung nach unten gehaltene Gefäß noch einmal teilweise überzustülpen, um ein Zurückgehen und alsbald ein dauerndes Fallen zu erhalten. Desgleichen wurde die (z. B. bei Heumann vorhandene) Unterbrechung des Hauptrohres durch einen Kautschukschlauch weggelassen, denn sie ist ebenfalls nicht wesentlich; vor allem aber wird dadurch jegliches Stativ für den Apparat vermieden.

Der Apparat ist unschwer zusammenzustellen, kann aber auch fertig von der Firma Dr. R. Muencke in Berlin bezogen werden.

Ein Vorlesungsapparat zur Demonstration der Wassersynthese.

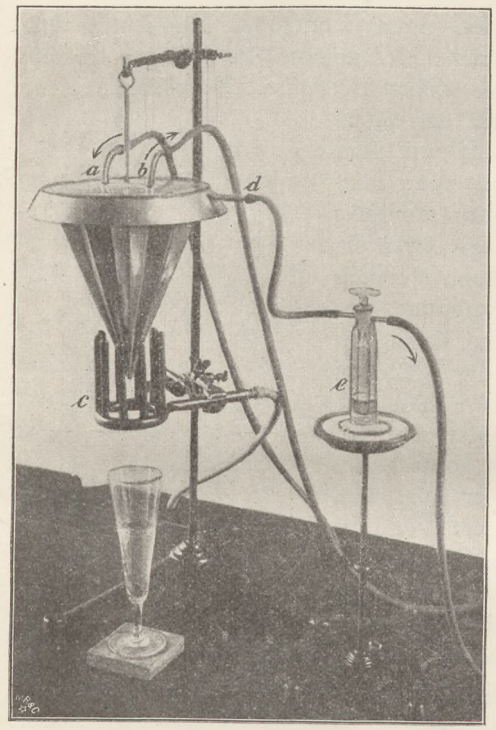
Von

Dr. **Richard Kempf.**

[Chemisches Institut der Universität Berlin.]

Seitdem Cavendish im Jahre 1781 den chemischen Vorgang, der sich bei der Verbrennung von Wasserstoff abspielt, richtig — allerdings noch im Sinne der Phlogistontheorie — interpretierte und zum ersten Male bewußt künstliches Wasser

durch Synthese aus den Elementen darstellte[1]), sind von einer stattlichen Reihe von Chemikern Vorlesungsapparate vorgeschlagen worden, welche diesen fundamentalen Versuch einem größeren Hörerkreise anschaulich und eindrucksvoll vor Augen führen sollen[2]). Indessen haftet allen bisherigen Vorrichtungen dieser Art entweder der Nachteil an, daß die Wasserbildung nur in langsamen Tropfen stattfindet, oder aber, daß die Apparatur — da meist aus Platin oder Quarz — mehr oder weniger kostspielig ist und wegen ihrer Kompliziertheit das Interesse des Hörers leicht vom Kern der Sache ablenkt.



Der beistehend abgebildete Apparat (etwa $^1/_{10}$ nat. Größe) vermeidet die genannten Übelstände und gestattet außerdem, auch die Bildung von Kohlendioxyd bei der Verbrennung von Leuchtgas zu demonstrieren, so daß er dem allgemeineren Zwecke einer Deutung der Verbrennungserscheinungen dienen kann.

Aus dünnem[3]), außen verzinntem[4]) Kupferblech angefertigt, besteht der Apparat aus einem geschlossenen Gefäß in Form eines umgekehrten Kegels, der innen durch fließendes Wasser gekühlt wird. In der Figur bezeichnet *a* den Zu-, *b* den Abfluß des Kühlwassers. Das Zuleitungsrohr reicht beinahe bis in die Spitze des Apparates hinab, das Ableitungsrohr endigt unmittelbar unter der Deckplatte und ist von größerem lichten Durchmesser als ersteres, um dem Kühlwasser ungehinderten Abfluß zu ermöglichen und den Staudruck auf die dünnen Kegelwände zu verringern. Sogleich nach Entzünden des Ringbrenners (*c*), der zehn kräftige, den kalten Kegel umspielende Bunsenflammen liefert, kondensiert sich das synthetisch gebildete Wasser sehr lebhaft in dicker Schicht an dem — zur Vergrößerung der Kühlfläche wie ein Faltenfilter geformten — Kegelmantel, um alsbald in raschen gleichmäßigen Tropfen an der Spitze des Apparates abzurinnen.

Durch kräftig strömendes Kühlwasser ist es leicht zu erreichen, daß der Kupferblechkegel auch bei beliebig langer Versuchsdauer völlig kalt bleibt.

[1]) Vgl. Kopp, Geschichte der Chemie III, S. 267.

[2]) Vgl. R. Arendt, Technik der Exp. Chem., 3. Aufl., S. 362—368 u. K. Heumanns Anl. z. Experimentieren bei Vorlesung. über anorg. Chem., von Prof. O. Kühling. 3. Aufl., S. 175—176.
Ferner: A. Kekulé, Ein Vorlesungsapparat für Verbrennungserscheinungen; Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 2 [1869], S. 418. — J. Piccard, Ein Vorlesungsversuch über die Synthese des Wassers; Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 10 [1877], S. 180. — R. Lüpke, Versuch über die Synthese des Wassers; d. Zeitschr. III, S. 223 u. 265. — Friedrich C. G. Müller, Apparate zur Wasserbildung; d. Zeitschr. IV, S. 251. — Nic. Teclu, Zur Synthese des Wassers durch Verbrennung; Journ. f. prakt. Chemie, neue Folge, 67 [1903], S. 426.

[3]) 0,3 mm Wandstärke.

[4]) Vernickeltes Kupferblech und ebenso letzteres ohne einen Metallüberzug erwiesen sich wegen der stark angreifenden Wirkung der Flammengase als völlig unbrauchbar. Die Vernickelung war — vielleicht infolge der Bildung des flüchtigen Nickelkarbonyls — in kurzer Zeit an den von den Flammen bestrichenen Stellen völlig verschwunden. Dagegen wurde der Zinnüberzug verhältnismäßig wenig angegriffen.

Mit dem von mir benutzten kleinen Modellapparat wurden bei Verbrennung von Leuchtgas in einem Zeitraum von $^1/_4$ Stunde über 90 ccm Wasser gewonnen. Zum Vergleich sei angeführt, daß bei der synthetischen Bildung von Wasser durch Zusammenleiten von Wasserstoff und Sauerstoff in einen glühenden Platinkolben, dem klassischen Vorlesungsversuch nach A. W. Hofmann[1]), bestenfalls nur etwa halb so viel Wasser in der gleichen Zeit entsteht[2]), und daß sich in den meisten sonst üblichen Apparaten zur Demonstration der Wassersynthese nur spärliche Tropfen bilden, die ohne künstlich erteilte Färbung auf größere Entfernung kaum sichtbar sind[3]).

Damit die gleichzeitige Bildung von Kohlendioxyd bei der Leuchtgasverbrennung demonstriert werden kann, besitzt der Apparat am oberen Kegelrande eine schräg nach unten gerichtete Krempe, unter der sich die hochsteigenden Verbrennungsgase stauen (vgl. die Fig.). Wenn diese dann mittels des eingelöteten Stutzens (*d*) durch eine mit Barytwasser beschickte Waschflasche[4]) (*e*) abgesaugt werden, tritt darin fast momentan eine dicke Fällung von Baryumkarbonat ein.

Nach Schließen der Zuglöcher des Zehnbrenners kann natürlich an Stelle von Leuchtgas auch reiner Wasserstoff verbrannt werden, wodurch sich der — dann ev. ohne die obere Krempe anzufertigende — Apparat und seine Erklärung noch wesentlich einfacher gestalten.

Außer für die Erklärung der Verbrennungserscheinungen und des analogen tierischen Atmungsprozesses dürfte sich der Apparat in der Physik bei Besprechung der Tau- und Regenbildung nützlich erweisen.

Ferner ist der Versuch geeignet, dem werdenden Chemiker instruktiven Aufschluß zu erteilen über eine häufige Ursache des Springens seiner gläsernen Kochgefäße, denen die Wasserbeschlagbildung beim Anheizen leicht verhängnisvoll wird.

Schließlich bedeutet die Vorführung des Versuchs, der dem unbefangenen Laienauge eine direkte Umwandlung eines „Elementes“ in ein anderes, des Feuers in Wasser, darzustellen scheint, eine passende Gelegenheit, den Hörer der Chemie in die Vorstellungskreise der mittelalterlichen Alchemisten einzuführen.

Der Apparat ist von der Firma Warmbrunn, Quilitz & Co., Berlin NW. 40, zu beziehen.

---

[1]) A. W. Hofmann, Apparat zur Demonstration der Wasserbildung; Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 12 [1879], S. 1122, vgl. auch E. Fischer, Verwendung von Quarzgefäßen für Vorlesungsversuche; Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 37 [1904], S. 4603.

[2]) Der dazu benutzte, sehr kostspielige Destillationskolben aus Platin wog 165 g und hatte 60 ccm Inhalt.

[3]) Z. B. erhält man bei der Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff im Glaszylinder nach R. Lüpke (a. a. O.) in $^1/_4$ Stunde nur 3 ccm; und bei der Wassersynthese nach Fried. C. G. Müller (a. a. O.) in der gleichen Zeit 15 ccm Wasser nach den eigenen Angaben der Herren Autoren. N. Teclu (a. a. O.) erhielt mit dem von ihm vorgeschlagenen Apparat pro Viertelstunde 6 ccm Wasser; in diesem ließen sich Schwefelsäure und salpetrige Säure nachweisen, — was auch bei dem vorliegenden Verfahren ohne Zweifel der Fall sein dürfte.

[4]) Die Waschflasche hat zweckmäßig die von P. N. Raikow vorgeschlagene Einrichtung; vgl. Chem.-Ztg. 1890, Nr. 15, S. 235.

Kleine Mitteilungen.

Bemerkungen über neue Methoden zum Nachweis der Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe. II.

Von **F. Richarz** in Marburg i. H.

Meine unter gleichlautendem Titel veröffentlichten früheren Bemerkungen in d. Zeitschr. **20**, 338 (Juli 1907) haben eine Zuschrift von Herrn K. SCHREBER an mich hervorgerufen. Diese hat mich veranlaßt, nachzusehen, in welcher Weise Herrn BEHNS Versuch[1]) in HENRI ABRAHAMS *Recueil d'expériences élémentaires de Physique* (Paris, Gauthier-Villars, 1904) und in dessen „vollständig umgearbeitete deutsche Ausgabe", die „Experimentirend Physik" von Dr. K. SCHREBER und Dr. P. SPRINGMANN (Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1905), übergegangen ist. Daß dies überhaupt der Fall war, wußte ich bis dahin nicht; ich hatte mich mit der Kenntnis von Herrn U. BEHNS Originalarbeit begnügt. In obigen Werken sind die beschriebenen Versuche nicht erläutert; aber die Überschriften geben an, was dem Autor an dem Versuch am wichtigsten erscheint. HENRI ABRAHAM[2]) bringt eine Modifikation des BEHNSchen Versuches unter der Überschrift „*Variations de pression d'un gaz avec l'altitude*". Diese Überschrift ist allgemeiner als die Bezeichnung des Versuches als eines, der den Nachweis der Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe erbringt. Unter diese Überschrift würde z. B. ohne weiteres die von mir in meinen ersten „Bemerkungen" beschriebene Umkehr des BEHNSchen Versuches mit Chloräthyl unterzubringen sein. Dasselbe gilt für die von mir ebenfalls dort weiterhin erwähnte Zunahme des Überschusses von Gasleitungsdruck über den äußeren Atmosphärendruck mit wachsender Höhe.

Im Hinblick auf das Folgende erwähne ich noch, daß Herr HENRI ABRAHAM im Kapitel „*Mouvements des fluides*" unter der Überschrift „*Siphonner un gaz*" Strömungsversuche für Kohlensäure und Leuchtgas in Luft beschreibt[3]).

Die Herren K. SCHREBER und P. SPRINGMANN[4]) bringen diese letzteren Versuche zusammen mit dem von HENRI ABRAHAM modifizierten BEHNSchen Versuche unter der Überschrift: „Bewegung durch Differenz der spezifischen Gewichte". Hierdurch haben schon die Herren K. SCHREBER und P. SPRINGMANN in der Tat auf die Rolle dieser Differenz hingewiesen, was vor ihnen wohl noch nicht ausdrücklich geschehen war. Aber diese Differenz kann doch Bewegung nur dadurch hervorrufen, daß sie Druckunterschiede erzeugt. Was die Erklärung des BEHNSchen Versuchs betrifft, so bleibt daher diejenige Auffassung zutreffend, welche ich in meinen ersten „Bemerkungen" dargelegt habe. Sie fußt darauf, daß der Auftrieb jedes umgebenden Mittels, wie schon aus der elementaren Herleitung des Archimedischen Prinzips folgt, seine Erklärung in der Abnahme des Druckes mit der Höhe findet. Freilich ist das Archimedische Prinzip jedem Physiker so in Fleisch und Blut übergegangen, daß er leicht das vergißt, was dahinter steckt. Darauf habe ich auch nochmals am Schlusse jener ersten „Bemerkungen" verwiesen mit den Worten: Es ist mithin bei den fundamentalen Überlegungen sowohl für diese Messungen als auch für den BEHNSchen Versuch die Druckabnahme mit der Höhe grundlegend, und insofern sind beide für letztere beweisend. Was aber für das spezielle Resultat nach Vorzeichen und Größe, nicht aber für die grundlegenden Erwägungen maßgebend ist, sind die jedesmaligen Differenzen der Dichtigkeit des Gases im Rohre und der Luft außen.

[1]) U. Behn, ds. Zeitschr. **16**, 132 (1903).
[2]) Henri Abraham, a. a. O. I 126 (1904).
[3]) Henri Abraham, a. a. O. I 144 (1904).
[4]) K. Schreber und P. Springmann, a. a. O. I 92 (1905).

Die vorstehend gesperrt gedruckten Worte habe ich jetzt noch hinzugefügt, um noch nachdrücklicher den Unterschied von grundlegend Wesentlichem und im Einzelfall Ausschlaggebendem hervorzuheben. Mit Herrn BEHN und besonders mit Herrn HENRI ABRAHAM in dessen allgemeinerer Ausdrucksweise stimme ich also darin überein, daß ich das Fundamentale in den Druckdifferenzen erblicke. Solche können in Differenzen des spezifischen Gewichtes begründet sein; sie können aber auch durch Bewegungen hervorgerufen werden. Letzteres beweisen neue schöne Versuche BEHNS[1]): „*Some news Experiments with the Flame Tube*", die ich bei meinen ersten Bemerkungen nicht mehr berücksichtigen konnte, weil sie erst ungefähr gleichzeitig veröffentlicht wurden.

Strömungen im Wasser infolge der Auflösung von Kohlensäure.

Von **H. Rebenstorff** in Dresden.

Die unter den Luftbestandteilen allein etwas stärker in Wasser lösliche Kohlensäure hat innerhalb der freien Atmosphäre einen so geringen Partialdruck, daß sie nur dort an der Entstehung der Strömungen mitbeteiligt sein wird, wo sie in größeren Mengen im Wasser entsteht. Nach den Messungen von K. ANGSTRÖM (*Wied. Ann. 15, 302; 1882*) hat eine bei 0° gesättigte Lösung von Kohlensäure in Wasser die relative Dichte 1,0017. Die übrigen Gase der atmosphärischen Luft ändern die Dichte des Wassers viel weniger. Bei Sauerstoff z. B. ist die relative Dichte der Gaslösung nur 1,000003; immerhin wird hiernach durch Aufnahme von Sauerstoff das Wasser um etwa soviel schwerer, wie wenn es von $4^1/_2{}^0$ an bis auf 4° abgekühlt wird. Für die wässerige Stickstofflösung ist aus Angströms Versuchen eine geringere Dichte als 1 zu berechnen, während die Untersuchungen von Ardelt (*Diss. Münster 1903*) ergeben, daß auch die Auflösung von Stickstoff das Wasser etwas schwerer macht.

Diesen Hinweisen möchte ich die Beschreibung eines Versuches anschließen, der die Gewichtszunahme und das Herabsinken des Wassers bei Auflösung von Kohlensäure deutlich demonstriert. Eine hohe Zylinderflasche gießt man halb voll Wasser, dem ganz wenig Phenolphthaleinlösung und eine Spur Ätznatron bis zur völligen Rötung beigefügt ist. Nachdem die Flüssigkeit zur Ruhe gekommen ist, leitet man einen schwachen Strom Kohlensäure bis nahe an die Wasseroberfläche hinab, zieht nach Verdrängung der Luft das Rohr heraus und schließt, ohne viel zu bewegen, die Flasche ab. In kurzer Zeit ist die Kohlensäure so weit in das Wasser hinein vorgedrungen, daß eine etwa $1^1/_2$ mm dicke Schicht entfärbt ist. Diese ist nun an ihrer Unterseite nicht in Ruhe, sondern man sieht hier immer wieder gleichsam Protuberanzen bis an die Wasseroberfläche sich erheben, die freilich nur in der Nähe gut zu sehen sind. Nach einiger Zeit erkennt man aber auch aus größerem Abstande, daß das Auftreten der farblosen Oberflächenschicht, die etwas schwerer als das übrige Wasser ist, eine Ab- und Aufwärtsströmung hervorruft. Gewöhnlich fallen zuerst in der Tiefe des Gefäßes breite farblose Bänder innerhalb der roten Flüssigkeit auf, die in ganz langsamem Wogen sind. Erst nach mehr als einer halben Stunde ist die gesamte Wassermenge ($\sim$ 200 ccm) entfärbt. Im Gegensatz zum Verhalten der Kohlensäure über fast reinem Wasser bewirkt sie an der Oberfläche einer ebenso gefärbten starken Salzlösung die Ausbildung einer scharf begrenzten farblosen Oberflächenschicht. Nur Diffusion und Konvektion infolge ungleicher Erwärmung der Außenwände der Zylinderflasche scheint die Kohlensäure nach unten zu schaffen; in viel längerer Zeit tritt die Entfärbung von Salzlösungen ein.

[1]) U. Behn, Philos. Mag., May 1907, p. 627. — Vgl. den Bericht in diesem Heft S. 41, nebst dem Zusatz des Verfassers.

Für die Praxis.

Das Fixieren Kundtscher Staubfiguren. Von A. Mackedanz in Posen. Bei der Vorführung der Kundtschen Staubfiguren macht sich ihre geringe Haltbarkeit sehr unangenehm bemerkbar. Auf Veranlassung des Herrn Prof. Dr. Spies versuchte ich die Figuren zu fixieren, was mir mittels Gummiarabikum gelang. Das gut getrocknete Pulver wird mit etwas Fuchsin verrieben und dann statt des Korkpulvers angewendet. Das Fixieren geschieht, indem man ganz schwach in die Röhre haucht, bis sich ein dünner Beschlag zeigt. Nach etwa 10 Minuten sind die Figuren fest und können getrocknet werden. — Dieses Verfahren ist besonders dann von großem Vorteil, wenn man messende Versuche für die Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Gasen machen oder die Einwirkung von tönenden Stäben verschiedener Länge und verschiedenen Stoffes zeigen will. Man braucht dann das Experiment nur einmal auszuführen. Die Beispiele für andere Gase oder Stäbe hat man sich vorher in der beschriebenen Weise angefertigt und kann sie nun projizieren oder von Hand zu Hand gehen lassen.

Elektrische Fingerregel. Von Wilhelm Volkmann in Berlin. Die Mitteilung von H. Zwick im letzten Jahrgang dieser Zeitschrift (S. 175) veranlaßt mich, eine ähnliche Fingerregel bekannt zu geben, die mir seit einigen Jahren gute Dienste leistet. Ihr Vorzug liegt darin, daß sie sich bequem aussprechen und in die Rede einfügen läßt. Benutzt wird nur die rechte Hand und an ihren Fingern die Erscheinung gewissermaßen hergezählt. Dabei löst man zuerst den Daumen von der geballten Faust, dann sperrt man den Zeigefinger so weit als möglich davon und endlich den Mittelfinger senkrecht zu den beiden anderen. Diese Reihenfolge und Stellung ist wohl so natürlich, daß man sie sich nicht besonders zu merken braucht. Dagegen ist eine Gedächtnisregel nötig für die Reihenfolge, in der man die Größen nennt. Sie ergibt sich für mich aus der Gewohnheit, bei allen elektromagnetischen und elektrodynamischen Erscheinungen das magnetische Feld als den Vermittler der Wirkung anzusehen. Es ist logisch und leicht zu merken, daß man das Vermittelnde an mittlerer Stellung zu nennen hat. Es ergeben sich auf diese Weise die folgenden beiden Sätze, die unter Ausstrecken der in Klammer gesetzten Finger zu sprechen sind.

„Bewegt sich (Daumen) ein Leiter in einem Magnetfelde (Zeigefinger), so fließt der Induktionsstrom so (Mittelfinger)."

„Fließt ein Strom (Daumen) in einem Magnetfelde (Zeigefinger), so bewegt sich der Leiter so (Mittelfinger)."

Einfacher Nachweis der durch den elektrischen Funken in Luft gebildeten Salpetersäure. Von Dr. Gustav Meyer in Görlitz. Die üblichen Verfahren zum Nachweis der Salpetersäure sind ziemlich umständlich und zeigen nur, daß beim Durchgang des elektrischen Funkens durch Luft *irgend eine Säure* gebildet wird. Direkt läßt sich für diesen Fall die Salpetersäure in folgender sehr einfachen Weise nachweisen. Man tränkt einen Streifen Filtrierpapier mit alkoholischer Diphenylaminlösung und schiebt ihn mit einem langen Draht zwischen die Drahtenden eines Eudiometers, so daß der elektrische Funke durch das Papier schlagen muß. Läßt man nun mehrere Minuten lang den elektrischen Funken einer Influenzmaschine oder eines Induktionsapparates auf das Papier einwirken, so bildet sich um die Durchschlagstelle ein gelber Hof, der am Rande nach längerer Einwirkung blau wird — analog dem Verhalten verdünnnter Salpetersäure gegenüber alkoholischer Diphenylaminlösung.

Berichte.

1. *Apparate und Versuche.*

Neue Versuche mit der Flammenröhre. Von U. BEHN[1]). Früher in dieser Zeitschrift *XVI 129 (1903)* beschriebene Versuche dienten dazu, die Änderung des Luftdrucks mit der Höhe nachzuweisen. Eine weite, an beiden Seiten geschlossene Röhre hatte bei *A* und *B* gleichweite Öffnungen*), an denen das bei *C* eingeleitete Gas entzündet wurde (Fig. 1).

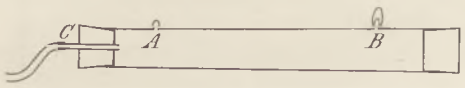


Fig. 1.

Die Flammen wurden ganz klein gehalten. Wurde die Röhre nur wenig geneigt, so wurde die Flamme an dem höheren Ende größer, an dem tieferen Ende kleiner; die Druckänderung war schon bei einem Höhenunterschiede von 3 mm auf weite Entfernung hin wahrzunehmen; der Druckunterschied beträgt hierbei nur 0,000 000 2 Atm.

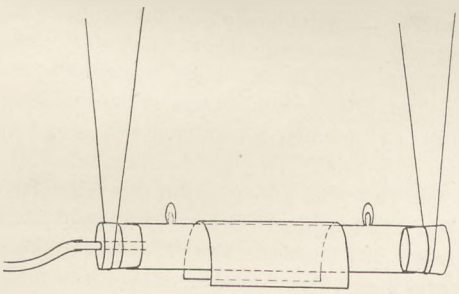


Fig. 2.

Eine weitere Anwendung findet die Flammenröhre in der Sichtbarmachung kleiner Bewegungen oder besser gesagt kleiner Beschleunigungen. Eine geringe Bewegung der Röhre bewirkt, wegen der Trägheit des Gases, Druckänderungen im Innern, die sich durch Flamme zu erkennen geben. So lassen sich geringe Schwingungen eines Sekundenpendels weithin sichtbar machen. Zu diesem Zwecke wird die Flammenröhre wie ein Pendel aufgehängt (Fig. 2). Die Röhre braucht für diesen Versuch nur 0,5 m lang zu sein, da man sie für die andern Versuche am besten möglichst leicht nimmt, beschwert man sie hier mit einem ∩-förmigen Bleistück. Schwingungen von 1 cm Amplitude bewirken bereits ein im ganzen Hörsaal sichtbares Zucken der Flammen. Will man die Art der Bewegung während der Pendelschwingungen zeigen, so hängt man das Pendel an längeren Fäden auf und nimmt größere Amplituden. Man sieht dann leicht, daß der Wechsel im Aussehen der Flammen nicht bei einem Umkehrpunkt eintritt, sondern wenn das Pendel nahe der Ruhelage sich befindet, wo die Beschleunigung ihr Zeichen wechselt. Hängt man ein anderes Pendel an die schwingende Flammenröhre (oder umgekehrt), und ist die Länge beider Pendel passend eingerichtet, so zeigt die Flamme, wie die einfache Schwingungsbewegung verändert wird durch Addition der Oktave, zweiten Quinte u. s. f. Man sieht aus diesem Versuch, wie die schwingende Flammenröhre Reaktionserscheinungen nachzuweisen ermöglicht. Wird eine Pappscheibe, deren Schwerpunkt durch ein am Rande zu befestigendes kleines Gewicht aus dem geometrischen Mittelpunkt verlegt werden kann, an der Flammenröhre befestigt und in Drehung versetzt (ohne daß dabei die Röhre schwingt), so wird die Schwingungsreaktion merkbar, wenn das Gewicht auch nur $^1/_{100}$ des Gesamtgewichts beträgt. Ähnlich wirkt ein sehr kleines Pendel (Schrotkugel

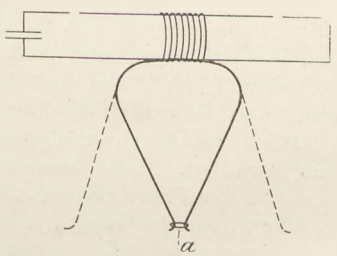


Fig. 3.

an einem Faden). Ebenso läßt sich zeigen, daß ein in Ruhe befindliches System die Lage seines Schwerpunktes nicht ändern kann außer durch Einwirkung einer äußeren Kraft. Befestigt man z. B. ein Stahlband von der Form einer großen Stimmgabel an der schwingenden Flammenröhre wie in Fig. 3,

[1]) Phil. Mag. 13. 627; 1907.

*) Zusatz des Verfassers zu obigem Bericht: Die Röhre soll mindestens 5 cm, die Öffnungen 0,5 bis 1 cm weit sein. Wählt man geringere Dimensionen, wie das P. Steindel in dieser Zeitschrift (XIX, 24) und H. Abraham in seinen Recueil d'expériences élementaires de physique Paris 1904) tun, so gibt man aus naheliegenden Gründen damit auch die hohe Empfindlichkeit der Flammenröhre preis. *U. B.*

bindet die Enden bei *a* zusammen und brennt den verbindenden Faden ab, so daß die Feder in Bewegung gerät, so bleiben die Flammen in Ruhe, wenn das Stahlband geometrisch und physikalisch vollkommen symmetrisch ist. Auch die Zentrifugalkraft läßt sich sichtbar machen. Dreht man die auf einem Tische liegende Flammenröhre um das eine Ende als Mittelpunkt, so wird die Flamme am andern Ende infolge der Zunahme des inneren Drucks groß; die Wirkung ist schon bei langsamer Bewegung merkbar. Die beschriebenen Versuche dienen nach dem Verf. nur als Beispiele, ohne die Anwendungen der Flammenröhre zu erschöpfen. *Schk.*

Einfache Methode, die Schwingungsformen einer Luftsäule zu demonstrieren[1]. Von M. SEDDIG. Die für ein beliebig großes Auditorium geeignete Methode beruht darauf, daß in der Wand einer horizontal gelagerten Orgelpfeife an passenden Stellen Öffnungen angebracht und mit dünnen Kautschukmembranen überspannt sind, auf die das Licht regelmäßig reflektierende Flüssigkeitsschichten gebracht werden. Auf diese Schichten fallen die Strahlen einer Bogenlampe, die zweckmäßig in etwa 1,5 m Abstand von der Pfeife und etwa $^3/_4$ m höher als diese auf-

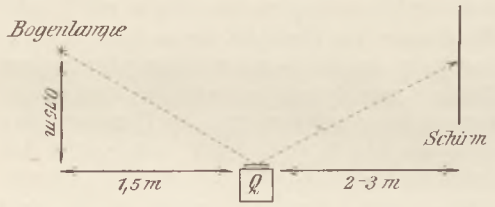


Fig. 1.

gestellt wird (Fig. 1). Die Strahlen werfen von den Membranen helle Reflexbilder auf einen Schirm entsprechend Fig. 2, wo drei Membranen *A*, *B*, *C* angedeutet sind, denen drei Reflexbilder *A'*, *B'*, *C'* auf dem Schirm *S* entsprechen. Das Auftreffen direkten Lichts auf den Schirm ist durch geeignetes Abblenden zu verhüten. Recht brauchbar erwies sich die in der Figur angedeutete Verwendung divergierenden Lichts, wobei die drei Reflexbildchen in der Ruhe angenähert gleich groß erscheinen. Die Projektion der bewegten Oberflächen mittels Linsen gibt weniger gut erkennbare Unterschiede. In Fig. 1 bedeutet *Q* die senkrecht zur Zeichenebene gelegte Pfeife.

Befindet sich die Membran in der Gegend einer Knotenstelle, so gerät sie in Bewegung, und der Reflexfleck erscheint stark verbreitert und lichtschwach; er kann sogar ganz verschwinden. Befindet sich die Membran an einer Bauchstelle, so bleibt der entsprechende Lichtfleck unverändert. Bei einer offenen Pfeife sind Membranen in $^1/_4$, $^1/_2$ und $^3/_4$ der Pfeifenlänge anzubringen, wie Fig. 2 zeigt;

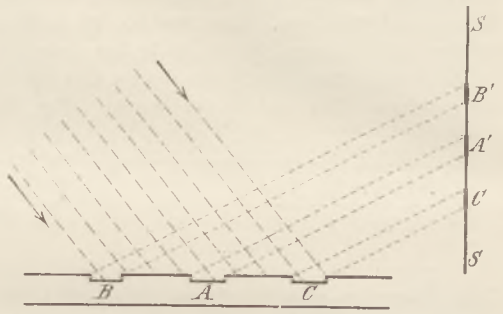


Fig. 2.

bei einer gedackten Pfeife genügen ebenfalls drei Membranen, die am geschlossenen Ende sowie in $^1/_3$ und $^2/_3$ der Pfeifenlänge angebracht sind. Ein und dieselbe Pfeife als offene und gedackte (durch Einsetzen eines Stempels) zu benutzen, empfiehlt sich nicht wegen des meist schlechten Ansprechens eines der beiden Grundtöne. Es ist vielmehr vorteilhaft, die gedackten Pfeifen von etwas größerem Querschnitt zu nehmen als offene von gleichem Tone.

Die Versuche gelingen gut nur mit relativ großen Pfeifen, deren Schwingungszahl nicht mehr als 200 beträgt. Die Öffnungen haben 1,5 bis 2 cm Durchmesser, die Kautschukmembranen sind $^1/_2$ bis $^3/_4$ mm dick und werden ziemlich locker, doch luftdicht schließend aufgesetzt. Es wurde auch versucht, die Pfeife der ganzen Länge nach aufzuschlitzen und mit einer durchlaufenden reflektierenden Membran zu überspannen, wobei sich das Schwingungsbild der ganzen Luftsäule auf dem Schirm abbilden müßte; doch war es nicht möglich, eine so vorgerichtete Pfeife zum exakten Ansprechen auf den Grundton zu bringen.

Als reflektierende Flüssigkeit erwies sich Quecksilber wegen der auftretenden Kapillarwellen ungeeignet; brauchbar dagegen war eine Mischung von Wasser und Glyzerin im Verhältnis 3 : 4, die in etwa 2 mm dicker Schicht aufgetragen wird.

Das benutzte Prinzip ist auch in der Art verwendbar, daß man auf die breite Öffnung eines Glastrichters von 3 bis 5 cm Durchmesser (Fig. 3) eine Kautschukmembran aufkittet und die Membran wie vorher mit Flüssig-

[1]) Physikal. Zeitschr. VIII 449; 1907.

keit bedeckt und beleuchtet. Das Rohr des Trichters wird durch Schlauchleitung mit der schwingenden Gassäule in Verbindung gebracht. Besseres Ansprechen der Membran erreicht man, wenn man den Trichter durch eine Kapsel von der Gestalt der Fig. 4 ersetzt, da hier der Luftraum bedeutend kleiner, die Amplituden der Membran also entsprechend größer sind. *P.*

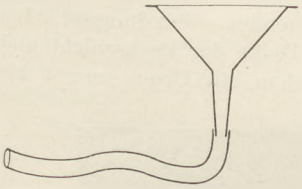


Fig. 3.

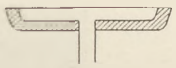


Fig. 4.

Eine neue Art von Influenzmaschinen. Von H. WOMMELSDORF[1]). Die Scheiben nach Holtz-Toepler (Wimshurst), d. h. Scheiben, deren Sektoren sich in Luft befinden, liefern die größte nutzbare Stromleistung für irgend ein Entladepotential nur bei einem bestimmten Sektorenabstand bzw. einer bestimmten Sektorgröße. Die „günstigste Sektorgröße" ist dabei je nach der jeweiligen Entladespannung (Funkenlänge) verschieden, sie wächst mit abnehmender Entladespannung im äußern Stromkreise. Es liegt das daran, daß, je größer die Entladespannung der Maschine ist, um so größere Zwischenräume zwischen den Sektoren geladen werden, um so größer daher der Polarisationswiderstand ist. Im Gegensatz hierzu fand der Verf., daß für Scheiben mit allseits von festem Dielektrikum eingeschlossenen Sektoren die erzeugte

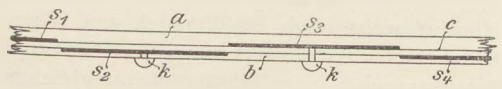


Fig. 1.

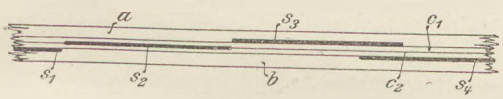


Fig. 2.

Elektrizitätsmenge für alle Entladespannungen allgemein mit zunehmender Sektorgröße bzw. entsprechend abnehmendem Sektorenabstand steigt. Die eingebetteten Sektoren können daher mehr als doppelt so groß gemacht werden als die von Luft berührten. Die Einbettung geschah in der Art, daß die aufeinander folgenden Sektoren s abwechselnd auf verschiedenen Seiten einer (Fig. 1) oder mehrerer (Fig. 2) Zwischenschichten c verteilt wurden. Zu dem Zwecke wurden die Scheiben zunächst in drei getrennten Schichten (a, b, c) aus nicht vulkanisiertem Gummi hergestellt, mit Sektoren versehen, zu einem Ganzen zusammengepreßt und erst hernach vulkanisiert. Durch Einführung der Zwischenschicht c wurde es möglich, die Breite der Sektoren viel größer zu machen. Fig. 3 zeigt in der oberen Hälfte die maximale Flächenausnutzung dieser Sektoren, in der unteren Hälfte die bisherige Anordnung mit kleineren Sektoren; die ausgenutzte Fläche und Stromstärke ist in letzterem Falle ca. $2^1/_2$ mal kleiner. Durch die Zwischenschicht c sind auch die Scheiben vor plötzlicher Zerstörung durch innere Entladung zwischen benachbarten Sektoren gesichert; auch wird die Stromstärke infolge des in der Stärke wechselnden Dielektrikums gleichmäßiger.

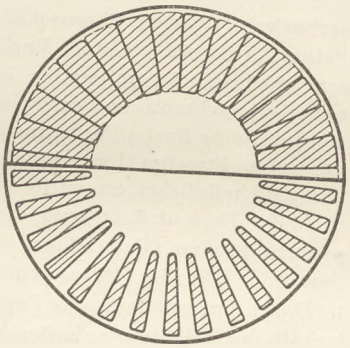


Fig. 3.

Für die Erregerscheibe dient als wirksames Dielektrikum Celluloid, das nur zur Verhinderung der Verbiegung mit Hartgummi kombiniert ist; das Celluloid induziert eine wesentlich größere Nutzstromstärke (Funkenzahl) als Hartgummi. Die Selbsterregung der Maschine erfolgt durch eine mit einem Metallbelag verbundene Metallspitze oder durch einen besonderen „Erregerschalter", der zwischen Erregerfeldern und Konduktoren eine Verbindung herstellt, die nach erfolgter Erregung zur Erzielung der größten Stromleistung wieder aufgehoben wird. Ein um die Scheibenachse über einer Winkelskala drehbarer Polarisator läßt sich bequem auf die günstigste Leistung der Maschine einstellen; durch eine besondere Drehung dieses Polarisators kann man außerdem schnell einen Polwechsel herbeiführen.

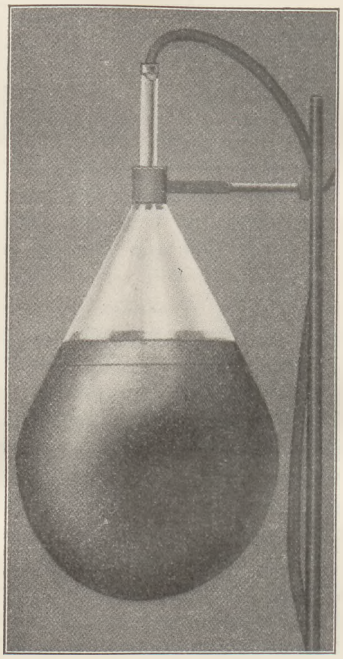
Die neuen Influenzmaschinen liefern nach dem Verf. etwa die doppelte Stromleistung gegenüber den einfachen, die 8- bis 10-fache

[1]) Ann. d. Physik 23, 609; 24, 483; 1907.

Strommenge (pro Scheibe) gegenüber den technischen Mehrfach-Influenzmaschinen. Eine einfache bzw. Doppelmaschine von 2 bzw. 3 Scheiben (von 55 cm Durchmesser) ist erheblich billiger, einfacher und kleiner als eine Wimshurstmaschine von gleicher Stromstärke mit 10 bzw. 24 Scheiben gleichen Durchmessers. Die Scheiben sind ferner viel haltbarer, lassen sich leichter reinigen und sind von der Luftfeuchtigkeit fast ganz unabhängig. Die WOMMELSDORFschen Maschinen sind auch an Stelle des Funkeninduktors in der Röntgentechnik, in der Elektrotherapie und im Laboratorium mit großem Vorteil[1]) zu verwenden.

Schk.

Eine Blase aus Schusterpech[2]). Von N. ORLOW. Das Schusterpech bietet ein gutes Beispiel einer festen Flüssigkeit, d. h. einer Substanz, die wie ein fester Körper beim Schlagen in Stücke zerfällt, andererseits aber, namentlich bezüglich des Fließens und der Deformierbarkeit, typische Eigenschaften von Flüssigkeiten aufweist. Zum Vorlesungsexperiment geeignet ist folgender Versuch. Das vorsichtig geschmolzene Pech wird (8 bis 10 mm dick) auf eine flache Form aus glattem Papier gegossen. Etwaige Unreinigkeiten und Luftblasen sind möglichst zu entfernen. In das noch heiße Pech drückt man die weite Öffnung eines großen Glastrichters bis auf den Boden und läßt die Masse vollständig erkalten. Dann entfernt man das Papier und das außerhalb des Trichters anhaftende Pech. Den Hals des Trichters klemmt man in ein Stativ, die Grundfläche unten, und verbindet ihn durch einen Gummischlauch mit einem T-Rohr, welches mit einem Manometer und einem Gummi-Doppelball (etwa von einem Zerstäuber) verbunden wird. Nun gibt man einen Druck von 17 bis 18 cm Hg und sucht diesen Druck zu erhalten. Sobald der Druck im Trichter steigt, krümmt sich die Pechplatte und bildet eine Wölbung, die anfangs ziemlich gleichmäßig mit der Versuchsdauer zunimmt; war die Platte gleichmäßig dick, und findet keine einseitige Erwärmung statt, so bildet sich allmählich eine brüchige Blase mit dünnen, unten durchscheinenden Wandungen. Bei der angegebenen Dicke der Pechschicht und 18 ° C. genügt schon ein Druck von 4 bis



5 cm Hg, um den Versuch in einer halben Stunde zu beenden. Ein leichter Schlag verrät die Sprödigkeit der Masse. Vergrößert man den Druck, so platzt die Blase mit Geräusch und zerfällt in Scherben. Man könnte aus dem Versuch auf das Vorhandensein einer Oberflächenspannung schließen. Hierauf weist auch ein Versuch von Weinberg (Molekularphysik) hin, wobei ein Stück Schusterpech in einer Flüssigkeit von gleichem spez. Gewicht im Lauf einiger Jahre sich der Kugelform näherte.

B. K.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Aus der Akustik. 1. Schwingungsdauer des Grundtons und des ersten Obertons von Stimmgabeln. Von M. TH. EDELMANN[1]). Den Anlaß zu den Untersuchungen bildete eine A-Gabel im Besitze des Ohrenarztes Prof. Bezold in München, deren Grundton über 100 Sek. lang gehört werden kann, während ihr erster Oberton nur außerordentlich kurze Zeit erklingt. Bei einer Kopie dieser Gabel, die einen nur etwas geänderten Stiel hatte, dauerte der Oberton über 50 Sek.

[1]) Die beschriebenen Maschinen werden von Alfred Wehrsen, Berlin SO. 33, in mehreren Ausführungen für Motoren- und Handbetrieb geliefert.

[2]) Natur in der Schule (russisch), H. 1, S. 51—53, Physik. Zeitschr. 8, 612; 1907.

[1]) Phys. Ztschr. 1907, S. 451.

Eine c_3-Gabel des Verf. ergab für den Grundton eine Dauer von nur 3 Sek., für den ersten Oberton 18 Sek. Eine g_3-Gabel, im rohen Zustande brauchbar und von langer Schwingungsdauer, ließ nach der Fertigstellung wohl den Oberton, aber den Grundton kaum noch wahrnehmen.

Außer der gewöhnlichen Art des Anschlagens einer Stimmgabel, wo der Stiel longitudinal schwingt (Gabelton), kann man sie wie in Fig. 1 auf zwei Schneiden legen und in der Mitte anschlagen; der Stiel schwingt dann transversal wie ein in den beiden Knoten unterstützter elastischer Stab, und man erhält

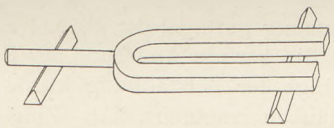


Fig. 1.

den „Plattenton". Die Bezoldsche A-Gabel zeigte nun, daß ihr erster Oberton zufällig im Einklange stand mit ihrem Plattenton, was bei der Kopie nicht mehr der Fall war. Bei den beiden anderen Gabeln war der Grundton mit dem Plattenton identisch. Damit erklären sich die an den drei Gabeln beobachteten Erscheinungen. Wird eine der Gabeln am Stiel gehalten und angeschlagen, so setzt sich ein Teil der Schwingungsarbeit des Gabeltons in Schwingungen des Plattentons um, die aber von der Hand gebremst werden, so daß der Ton, für den Gabelton und Plattenton im Einklange sind, bald erlischt. Es geht daraus hervor, daß, wenn Stimmgabeln lange schwingen sollen, die Schwingungszahlen von Gabelton und Plattenton nicht im Verhältnis der ersten Primzahlen zu einander stehen dürfen. Möglichst rein klingende Stimmgabeln dagegen erhält man, wenn der Plattenton auf den ersten Oberton gestimmt ist.

2. Zusammenklang zweier einfacher Töne. Von K. v. WESENDONK[1]). Nach Helmholtz' Ansicht sind Dissonanzen gewisser Töne auf das Eintreten von unangenehm empfundenen Schwebungen zurückzuführen, während beim Fehlen solcher der Zusammenklang derselben Töne mit Wohlklang verbunden ist. Der Verf. untersuchte den Zusammenklang genau abgestimmter Flaschentöne. Dabei wurde die von Helmholtz angegebene Methode, aus der spaltförmigen Öffnung einer Röhre einen lamellaren Luftstrom über die Mündung des Flaschenhalses hinströmen zu lassen und sie dadurch anzublasen, in geeigneter Weise modifiziert, um lang anhaltende in gleichmäßiger Stärke tönende Töne zu erhalten. Kleine Gefäße aus dünnem Glas von ca. 143 mm Länge und 26,3 mm äußerer Weite, mit 10 mm langem Hals von 10,3 mm Weite standen durch einen Schlauch (Fig. 2) mit teilweise mit Wasser beschickten hohlen Glaskugeln B (bei K offen) in Verbindung. Der Stutzen g befand sich in dem Arm eines Metallgestelles und konnte in diesem vertikal verschoben werden, wobei die genauere Einstellung mit einer Art Mikrometerschraube erfolgte. Durch ein sehr sorgfältig auf konstantem Druck gehaltenes Gebläse wurde das Glasgefäß mittels einer Metallröhre angeblasen; durch Verstellung des Wasserspiegels konnte dann ein bestimmter Stimmgabelton festgehalten werden.

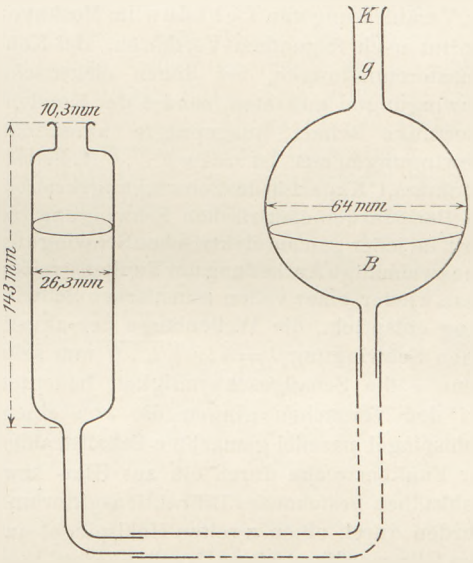


Fig. 2.

Der Verf. benutzte drei sehr genau abgestimmte Stimmgabeln von 1000, 700, 500 Vibrationen in der Sek. zur Abstimmung seiner Flaschentöne. Die Zusammenstellungen von 1000 bzw. 500 und 700 Schwingungen sind in Nagels „Handbuch der Physiologie" als charakteristisch dafür angegeben, daß ein Zusammenklang auch ohne merkliche Schwebungen dissonant erscheinen kann. Brachte man nun zwei Glasgefäße zu gleichmäßigem Tönen mit Schwingungszahlen nahe gleich 1000 bzw. 700, so verschmolzen die Töne unter Wohlklang mit einander, und daneben erklang wie ein tiefer Orgelton der Kombinationston von 300 Schwingungen. Ebenso verhielt es sich mit den Tönen von 500 und 700 Schwingungen; stets trat Verschmelzen unter Wohlklang ein, sobald für schönes gleich-

[1]) Phys. Ztschr. 1907, S. 452.

mäßiges Tönen gesorgt wurde und die Gebiete ausgeprägter Schwebungen vermieden wurden. Stimmte man bei dem ersten Versuch die eine Flasche von 700 auf 666,66 Schwingungen um, so hatte man die Quinte zu 1000; auch jetzt wurde der Wohlklang bis auf eine kleine auf schwachen Schwebungen beruhende Rauhigkeit nicht gestört. Der Verfasser ist der Ansicht, daß die Helmholtzsche Theorie der Dissonanz doch nicht so völlig beiseite zu schieben ist, wie es nach neueren Darstellungen der Fall sein müßte.

3. Kurze akustische Wellen. R. Koenig war es bereits gelungen, mit kleinen Stimmgabeln bis zur Wellenlänge $\lambda = 3{,}4$ mm vorzudringen, während Edelmann mit seiner Galtonpfeife Wellen von $\lambda = 2$ mm erzeugte. Sehr kurze Wellen erhielt auch W. Altberg[1]) auf Veranlassung von Lebedew im Moskauer Institut nach folgendem Verfahren. Bei Kondensatorentladungen, bei denen elektrische Schwingungen auftreten, sendet der Kondensatorfunke scharf ausgeprägte akustische Schwingungen aus. Ist $\tau = 2\pi \sqrt{L \cdot C}$ (L Selbstinduktion, C Kapazität des Schwingungskreises) die Periode der elektrischen Schwingung, so wird, da jeder ganzen elektrischen Schwingung eine zweimalige Aufhellung der Funkenstrecke, diese wieder einer vollen akustischen Schwingung entspricht, die Wellenlänge der akustischen Schwingung $\lambda = \pi \cdot v \sqrt{L \cdot C}$ mm sein, wenn v die Schallgeschwindigkeit bedeutet. Bei den Versuchen gingen die von einem Hohlspiegel parallel gemachten Schallstrahlen der Funkenstrecke durch ein aus Glas- bzw. Stahlstäben bestehendes Diffraktionsgitter und wurden durch einen zweiten Hohlspiegel auf dem Glimmerflügel eines Druckapparats konzentriert; mit dem Fernrohr wurde hier die Stärke des Schalldrucks beobachtet, während das Diffraktionsspektrum der Funkenwelle über den Spalt des Druckapparats verschoben wurde. Aus der Lage der Maxima des Diffraktionsspektrums ergab sich die Wellenlänge der akustischen Schwingungen; die so gemessenen Größen stimmten mit den aus der Formel berechneten gut überein. Die kürzeste Wellenlänge, die noch sicher gemessen werden konnte, betrug $\lambda = 1{,}0$ mm.

Schk.

Elektrische Wellen. Quantitative Messungen der Energie elektrischer Wellen leiden an dem Übelstande, daß die vom Erreger ausgehende Strahlung sich während der Messung stark ändert. M. Laugwitz[2]) versuchte daher einen konstanten Erreger zu konstruieren. Er bestand aus zwei gleich langen horizontal gestellten Messingzylindern, die fest in einen hohlen Hartgummizylinder eingeschraubt waren. An jedem der beiden Metallzylinder befand sich ein 1—2 mm langer Stift aus Aluminium von ca. 1 mm Stärke. Der Funke sprang in Petroleum zwischen den beiden Aluminiumstiften über, deren Entfernung durch Schrauben genau reguliert wurde. Die Einrichtung bewirkte, daß der Funke immer an derselben Stelle übersprang (was bei Kugelelektroden nicht der Fall ist) und so dieselbe Länge behielt. Aluminium wurde gewählt, weil bei diesem die Abnutzung geringer ist als bei anderen Metallen; die geringe Änderung der Funkenlänge infolge der Zerstäubung wurde durch Nachschrauben reguliert. Als Zuleitungen dienten feste Messingdrähte, die vertikal zu dem Erreger in den Kautschukzylinder eingebohrt und durch Spiralfedern mit dem Stab-Oszillator verbunden waren. Der eine Erreger hatte einen Wellenbereich von 6 bis 30 cm, ein anderer 20—60 cm. Innerhalb dieser Intervalle ließ sich durch Einsetzen der Steckkontakte jede gewünschte Wellenlänge erzielen; die Bestimmungen der Wellenlängen ließen sich auf Bruchteile eines Prozents genau angeben.

Die Interferenz elektrischer Wellen wurde schon von Hertz durch Erzeugung stehender Wellen in Luft nachgewiesen. Auch v. Lang zeigte durch eine der Quinckeschen Interferenzröhre analoge Anordnung die Interferenz elektrischer Wellen und bestimmte dadurch Dielektrizitätskonstanten. Bei diesen Anordnungen wurden stets zwei Wellen zur Interferenz gebracht, die von demselben Sender ausgingen. F. Kiebitz suchte nun Interferenzen nachzuweisen von kleinen Hertzschen Wellen, die von mehreren Sendern gleichzeitig ausgestrahlt wurden[1]). Wird eine gerade Anzahl gleich langer, geradliniger Antennen in Abständen von je $\lambda/2$ in einer vertikalen Ebene aufgestellt und werden in ihnen elektrische Schwingungen erzwungen, deren Phasen ebenfalls um $\lambda/2$ verschoben sind, so müssen sich diese in der Atennenebene bei passender Aufstellung des Empfängers (s. weiter unten) addieren, in einer darauf senkrechten Ebene dagegen subtrahieren. Kiebitz erzeugte nun vermittelst eines primären Erregerkreises in zwei parallelen, horizontal ausgespannten Drähten sekundäre Schwingungen, deren Knoten und Bäuche mit einer Heliumröhre

[1]) Ann. d. Physik 23, 267; 1907.

[2]) Phys. Zeitschr. 1907, S. 378.

[1]) Ann. der Physik 22, 943; 1907.

bestimmt wurden. Der eine der beiden Drähte wurde dann an zwei Knotenstellen durchschnitten und hier von der Schnittstelle Antennendrähte von der Länge $\lambda/4$ senkrecht nach oben bzw. nach unten geführt. Als Empfänger für dieses Sendesystem diente eine Heliumröhre, die an dem Glasarm eines tragbaren Holzstativs senkrecht herabhing und an einem eingeschmolzenen Platindraht einen Kupferdraht von etwa $\lambda/2$ Länge trug; diese Röhre kam in der Umgebung des Sendesystems zu lebhaftem Leuchten. Ein Unterschied der Stärke der Ausstrahlung in verschiedenen Richtungen war zunächst noch nicht zu bemerken; der Grund dafür lag in der Verschiedenheit der Amplituden für beide geradlinigen Sender. Durch je zwei Drahtbrücken, die vor und hinter der Schnittstelle über die beiden horizontalen Drähte gelegt wurden, ließ sich jener Übelstand beseitigen. Jetzt leuchtete die Empfängerröhre noch in 1,2 m Entfernung vom Sendesystem auf, wenn der Resonator in der Richtung aufgestellt war, in der beide Antennen hintereinander erschienen; brachte man ihn dagegen in die Mittelebene zwischen beiden Antennen, so sprach die Röhre erst in 20 cm Entfernung an. Dadurch war erwiesen, daß das Sendesystem zwei kohärente Wellenzüge ausstrahlt, die sich in der Symmetrieebene der Antennen gegenseitig vernichten. Ähnliche Versuche wurden mit einem Sendesystem von 6 senkrechten, in $\lambda/2$ Entfernung hintereinander gestellten Antennen gemacht. Die Rechnung ergibt für dieses System außer dem Strahlungsmaximum in der Antennenebene und der Nullwirkung in der dazu senkrechten Richtung noch zwei geringere Maxima unter Winkeln von $\varphi = 58{,}7^0$ und $79{,}8^0$ und zwei Nullwerte bei $48{,}2^0$ und $70{,}5^0$. Die Versuche wurden mit Wellen von nur 10 cm Länge gemacht; als Indikator für die hierbei auftretende schwache Strahlung diente ein Kohärer. Es gelang hier nicht, die der Rechnung entsprechenden Maxima und Nullstellen zu beobachten; doch zeigte sich eine deutliche Abnahme der Kohärerwirkung mit wachsendem Winkel φ. Der Nichterfolg dürfte auf störende Reflexionen an den Zimmerwänden zurückzuführen sein.

Die Polarisation elektrischer Wellen wurde bisher stets durch Gitter aus leitenden Substanzen nachgewiesen. Da der Turmalin, der doch ein Nichtleiter ist, auf Lichtstrahlen polarisierend wirkt, so lag die Frage nahe, ob sich nicht auch ein Gitter für elektrische Wellen herstellen lasse, dessen Stäbe aus dielektrischem Material bestehen. Auf Veranlassung von Cl. Schaefer konstruierte M. LAUGWITZ[1]) ein Gitter aus Wasserfäden, das in der Tat als Polarisator elektrischer Wellen dienen konnte. Das Gitter bestand aus 48 mit Wasser gefüllten Glasröhren von 48 cm Länge, 0,4 cm lichter Weite und 1 cm axialem Abstand. Der Funkenerreger befand sich im Brennpunkt eines Hohlspiegels, dem ein zweiter Hohlspiegel gegenüberstand, in dessen Brennpunkt ein Klemenčičsches Thermoelement angebracht war. Das in den Weg der Strahlen gebrachte Wassergitter verhielt sich genau so wie ein Drahtgitter, indem es senkrecht zu den Gitterstäben schwingende elektrische Wellen hindurchließ, parallel schwingende vernichtete. Daß das Wasser und nicht etwa das Glas die polarisierende Wirkung hervorbrachte, zeigte sich daraus, daß ein aus leeren Glasröhren bestehendes Gitter ohne merkbaren Einfluß auf die elektrischen Wellen blieb. Der Verfasser wies nach, daß die Leitfähigkeit des Wassers bei dieser Wirkung nicht in Betracht kommt, sondern daß der überwiegende Einfluß der hohen Dielektrizitätskonstante des Wassers zuzuschreiben ist. Dies ging, außer aus theoretischen Erwägungen, auch daraus hervor, daß ein Wassergitter keine Resonanzerscheinungen aufwies, wie sie bei Gittern von Metalldrähten, von Kohlestäben, auch von gut leitenden Elektrolyten (Schwefelsäure) nachgewiesen werden konnten. Die Resonanz ist aber eine notwendige Folge der Leitfähigkeit; ihr Fehlen beim Wassergitter beweist daher den vorwiegenden Einfluß der Dielektrizitätskonstante. Andere Stoffe mit hoher Dielektrizitätskonstante und geringer Leitfähigkeit wie Aceton und Nitrobenzol verhielten sich ebenso wie Wasser. Doch wurde hier bei horizontaler Gitterstellung nicht alle Energie durch das Gitter aufgehalten: beim Aceton 25 Proz., beim Nitrobenzol 65 Proz. Diese auf Reflexion beruhende Undurchlässigkeit der aus Wasser, Nitrobenzol und Aceton gebildeten Gitter entspricht der Größe der Dielektrizitätskonstanten der drei Dielektrika. Man hat also ein Mittel, diese Konstante aus der Schutzwirkung eines aus dem Dielektrikum gebildeten Gitters zu bestimmen. — Eine Theorie dieser Versuche für den Fall eines einzelnen dielektrischen Zylinders gibt Cl. SCHÄFER (a. a. O. S. 136.)

Ebenfalls mit Hilfe der Hertzschen Wellen — aber auf einem ganz anderen Wege — suchte

[1]) Ann. d. Physik 23, 148; 1907.

F. Beaulard[1]) Dielektrizitätskonstanten zu bestimmen. Ein dielektrischer Körper, der in einem Hertzschen Felde bifilar aufgehängt wird, erhält, wenn seine Form nicht symmetrisch ist zur Feldrichtung, durch das Feld eine Drehung. Hat er z. B. die Form eines Ellipsoids, so sucht das Feld ihn so zu drehen, daß die große Achse mit der Feldrichtung zusammenfällt. Aus der Größe des Drehungsmoments läßt sich dann die Dielektrizitätskonstante ε berechnen. Beaulard bestimmte diese für Wasser und Eis in der Nähe des Nullpunktes. Das Wasser befand sich in einem ellipsoidischen Gefäß von dünnem Glase und wurde hierin zum Frieren gebracht. Es ergaben sich für reines Eis $\varepsilon = 1{,}455$, für eine Mischung von Wasser und Eis Werte von 1,987 bis 2,586, für Wasser in der Nähe des Gefrierpunktes 3,072.

Daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Wellen von der Dielektrizitätskonstante ε abhängt, geht aus der Beziehung dieser zum Brechungsexponenten hervor. Pflanzen sich die Wellen an einem Draht entlang fort, so haben sie die Lichtgeschwindigkeit c, wenn der Draht in Luft sich befindet; liegt er in einem unendlich ausgedehnten Dielektrikum, so sinkt die Fortpflanzungsgeswindigkeit auf $c/\sqrt{\varepsilon}$. Läßt man das Dielektrikum auf eine äußerst dünne, den Draht umschließende Schicht sich zusammenziehen, so muß sein Einfluß auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wieder verschwinden; für endliche Dicken des Dielektrikums (isolierte Leitungen, Hochspannungskabel) wird die Fortpflanzungsgeschwindigkeit v demnach zwischen c und $c/\sqrt{\varepsilon}$ liegen müssen. F. Harms hat den Wert von v aus den Maxwellschen Gleichungen berechnet und das Ergebnis experimentell geprüft[1]). Es zeigte sich, daß die Abweichung der Größe v vom normalen Werte c um so größer ist, je größer ε und der Radius der isolierenden Hülle, ferner je größer die Schwingungsdauer der Schwingungen und je kleiner der Drahtradius ist. *Schk.*

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Leonhard Euler als Physiker. Im vergangenen Jahr ist vielfach des am 15. April 1707 geborenen großen Mathematikers gedacht worden, der sich auch um die Physik hervorragende Verdienste erworben hat. Dies spezielle Thema behandelt namentlich ein Vortrag von R. Gans (Tübingen) auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte[2]). Er rühmt Euler an erster Stelle als Schöpfer der analytischen Mechanik. In der 1736 herausgegebenen *Mechanica sive motus scientia analytice exposita* verließ Euler die alten geometrischen Wege Newtons und Herrmanns und schuf damit eine neue fruchtbare Methode zur Lösung mechanischer Probleme. Während er hier noch die Zerlegung in Tangential- und Normalbeschleunigung bevorzugt, geht er dreißig Jahre später, in der 1765 erschienenen *Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum*, dazu über, von dem rechtwinkligen dreiachsigen Koordinatensystem Gebrauch zu machen; während er früher nur Bewegungen eines Massenpunktes betrachtet hat, behandelt er hier auch die Drehung eines starren Körpers und dringt bis zum Kreiselproblem vor, dessen Grundgleichungen heut noch nach ihm benannt sind. Dabei führt er das Trägheitsmoment ein und entdeckt die Eigenschaften der Hauptträgheitsachsen; er benutzt ein im Raum und ein im Körper festes Koordinatensystem und bestimmt deren gegenseitige Lage durch die Winkel, die heut noch seinen Namen tragen. Er wendet endlich seine neue Mechanik auch auf die Planetenbewegung an, namentlich vermittelst des Verfahrens der Variation der Elemente, d. h. indem er die wirkliche Bahn durch die oskulierende Ellipse ersetzt und deren große Achse und Exzentrizität variieren läßt. Er hat damit der astronomischen Störungsrechnung die Wege gewiesen, auf denen Lagrange und Laplace gewandelt sind. Der Mechanik gehören weiterhin Untersuchungen zur Ballistik an, die Euler gelegentlich einer Übersetzung der „Grundsätze der Artillerie“ von Robins (1745) anstellte; er ersetzte hier behufs Integration der aufgestellten Gleichungen die ballistische Kurve durch einen Polygonzug und legte so den Grund zu einer Theorie der approximativen Integrationsmethode.

Auf dem Gebiet der Hydrodynamik ist Euler der Urheber sowohl der nach ihm benannten wie auch der sogenannten Lagrangeschen Grundgleichungen; während in den ersteren die Koordinaten x, y, z eines Massen-

[1]) C. R. CXLIV 904; 1907.

[2]) Physikal. Zeitschr. 8, Nr. 23 (1907), S. 859 bis 865.

[1]) Ann. der Physik 23, 44; 1907.

teilchens als Funktionen der Zeit auftreten, werden in den letzteren für jede Stelle des Feldes (wie in der Maxwellschen Theorie der Elektrizität) die Komponenten u, v, w eines Vektors bestimmt, der die Geschwindigkeit darstellt. In der Elastizitätstheorie stellte Euler die Differentialgleichung eines dünnen, durch Gewichte gebogenen Stabes auf und bestimmte die Maximalbelastung, die eine Säule erfahren darf, damit sie nur zusammengedrückt, aber nicht geknickt wird. Er hat ferner gemeinsam mit D. Bernoulli das Verdienst, die Schwingungen von Stäben und Platten näher untersucht zu haben, wodurch Chladni die Anregung zu seinen bekannten Versuchen erhielt. Bei allen diesen Arbeiten leistete die Variationsrechnung, die später von Lagrange weiter entwickelt wurde, bereits wertvolle Dienste.

Die umfassenden akustischen Studien Eulers übergeht der Verfasser; aus der Optik hebt er besonders hervor, daß Euler der Newtonschen Behauptung, Achromate seien unmöglich, widersprach, und daß durch ihn die Physik von dem Irrweg, katoptrische Fernrohre zu konstruieren, auf den Pfad der Verbesserung der dioptrischen Instrumente zurückgeführt worden ist. Seine Dioptrik ist ein Handbuch der praktischen Optik, in der zahlreiche Fernrohre und Mikroskope berechnet und auf die technischen Schwierigkeiten wie auf den Einfluß kleinster mechanischer Fehler beim Schleifen der Linsen Rücksicht genommen ist. Dies ist auch eins der wenigen Gebiete, auf denen Euler selbst experimentiert hat.

Immer von neuem verdient der Versuch Eulers, eine Äthertheorie zur Erklärung von Gravitation, Wärme, Licht, Elektrizität und Magnetismus zu begründen, unsre Beachtung. Die hierauf bezüglichen Ausführungen finden sich namentlich in den Schriften *Nova theoria lucis et colorum* (1746) und *De Magnete* sowie populärer in den *Lettres à une Princesse allemande*. Die Emanationstheorie, die noch Newton beibehalten hatte, findet Euler absurd, namentlich deswegen, weil die Lichtstrahlen, falls sie in translatorischer Bewegung materieller Teilchen beständen, sich nicht ungestört durchkreuzen könnten; die experimentell sicher gestellte Superposition zweier Lichtbewegungen wäre ein Ding der Unmöglichkeit. In der Erklärung der Reflexion und der Brechung steht Euler ganz auf dem Boden der Huygensschen Undulationstheorie. Im Unterschiede aber zu Huygens nimmt Euler nicht stoßartige, sondern periodische Äthererschütterungen an; er erklärt die Dispersion durch die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Schwingungszahl, auch werden die Farben der Körper aus Resonanzphänomenen der kleinsten Teilchen abgeleitet. Um den Einwand abzuwehren, daß durch den Äther Störungen der Planetenbewegungen hervorgerufen werden müßten, benutzt Euler die Newtonsche Formel für die Geschwindigkeit des Schalles in Luft, $c = \sqrt{p/d}$, und wendet sie auf den Äther an, da er sich die Lichtschwingungen ebenfalls als Longitudinalschwingungen denkt. Er nimmt die Dichte des Äthers sehr klein an und findet, daß die hiernach noch zu erwartenden säkularen Änderungen der Elemente der Planetenbahnen kleiner sind als die damaligen Beobachtungsfehler.

Euler nimmt ferner an, daß alle Körper Poren haben, und zwar große, durch die der Äther frei hindurch kann, und kleinere, in denen eine Anhäufung oder ein Mangel an Äther, d. h. positive oder negative Elektrizität, hervorgerufen werden kann, indem zugleich die so entstehenden Druckdifferenzen die elektrostatischen Kräfte bewirken. Dadurch, daß feine Ätherteilchen sehr dünne Kanäle im Eisen durchströmen, entsteht um den Magneten herum ein Wirbel der Äthersubstanz; die Teilchen kreisen also in geschlossenen Bahnen. „Man glaubt, wenn man die Eulerschen Zeichnungen sieht, Faradaysche Kraftlinienbilder vor sich zu haben.“ Auch sind Euler die Begriffe der magnetischen Leitfähigkeit und des magnetischen Kreises geläufig. Nur ist noch keine Andeutung von Quantitativem vorhanden, aber qualitativ werden die Kraftwirkungen schon bei Euler erklärt. Magnetische Wirbel im Umkreis der Erde erzeugen den Erdmagnetismus. Indem Euler eine Druckverminderung des Äthers in der Nähe der Erde annimmt, die umgekehrt proportional dem Abstand vom Erdmittelpunkt ist, glaubt er auch das Gravitationsgesetz erklären zu können. Er ersetzt also die Kräfte durch die Bewegung verborgener Massen, denen er die Grundeigenschaften der Materie, Raumerfüllung, Undurchdringlichkeit und Trägheit zuschreibt; denselben Ideengang befolgt nachmals Heinrich Hertz in seiner Mechanik.

So bewundern wir in Euler „den gewaltigen physikalischen Analytiker, der die Einzelheiten, und den großen Naturphilosophen, der die Einheit der Naturvorgänge suchte“. Nicht unerwähnt bleibe schließlich, daß Euler sich auch nicht scheute, theologische und teleologische Gedanken in seine Betrachtungen zu mischen und sogar als Beweismittel zu

benutzen (Beispiele a. a. O.). Bemerkenswert ist eine solche Geistesrichtung bei einem Zeitgenossen Voltaires; seltsamerweise aber sind die physikalischen Behauptungen auf Grund von Zwecküberlegungen bei Euler fast alle falsch. —

Auf derselben Versammlung sprach E. Hoppe (Hamburg) über die Verdienste Eulers um die Optik[1]) und ergänzte dadurch die Ausführungen des vorhergehenden Redners. Ihm zufolge unterscheidet sich die Undulationstheorie Eulers von der seiner Vorgänger Descartes und Huygens wesentlich dadurch, daß er die Wellenbewegung analytisch behandelt, während jene an der Hand geometrischer Konstruktionen synthetisch verfuhren. Euler leitet so die oben schon erwähnte Formel für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Äther ab und findet (1750), daß die Geschwindigkeit im dichteren Medium geringer sein muß als im dünneren, sowie daß die Strahlen größerer Wellenlänge weniger abgelenkt werden als die kleinerer. Treffen die Lichtstrahlen auf materielle Körper, so werden sie von manchen völlig reflektiert, von anderen werden nur Strahlen bestimmter Wellenlänge reflektiert, während Strahlen anderer Wellenlänge die Moleküle so beeinflussen, daß sie selbst Licht aussenden; besteht diese Erregung fort, nachdem die Beleuchtung aufgehört hat, so entsteht Phosphoreszenz. Nach demselben Prinzip macht Euler bei den Newtonschen Ringen die Farbe von der Dicke der Schicht abhängig und sucht so Farbenringe zu erklären. Genauer besprochen werden die Verdienste Eulers um die dioptrischen Instrumente. Auch der atmosphärischen Strahlenbrechung widmete Euler eingehende Untersuchungen, bei denen er die Kurve des von einem Stern in gegebener Höhe ausgesandten Lichtstrahls innerhalb der Atmosphäre auf Grund gewisser vereinfachender Voraussetzungen bestimmte. —

Eulers Arbeiten zur Schiffsmechanik behandelt ein Vortrag von H. E. Timerding (Straßburg) auf derselben Versammlung[2]). Diese Arbeiten gehören hiernach vermöge ihres Einflusses auf die Entwicklung eines rationellen Schiffbaues zu dem wichtigsten, was Euler geleistet hat. Eine bereits während des Petersburger Aufenthaltes in ihm angeregte Schrift erschien 1749 in zwei Bänden unter dem Titel: „*Scientia navalis seu tractatus de construendis ac dirigendis navibus*“, nachdem drei Jahre früher schon eine Schrift ähnlichen Inhalts von Bouguer, dem Urheber des Begriffs des Metazentrums, veröffentlicht war. Während letztere Schrift mehr auf das Praktische gerichtet war, geht Euler vornehmlich auf die analytischen Probleme aus, die in der Schiffstheorie stecken; es knüpft sich für ihn daran vor allem das fundamentale Problem der Bewegung eines starren Körpers unter der Einwirkung äußerer Kräfte, dessen spätere Lösung eine seiner größten Leistungen ausmacht. Schon hier hat er die glückliche Idee, die Schwingungen des Schiffes nach drei zueinander senkrechten Achsen zu zerlegen, und macht die Hypothese, daß die Schwingungen um eine dieser Achsen durch die um die beiden anderen nicht gestört werden. Dies trifft, wie auch Euler wußte, nur zu, wenn die Winkelgeschwindigkeiten der Schwingungen so klein sind, daß die auftretenden Zentrifugalkräfte vernachlässigt werden können. Die Zerlegung in Teilbewegungen wurde Euler durch die seemännische Praxis gewiesen; es hat sonach die Praxis, die ja nichts anderes ist als die mit Hand und Auge geübte Mechanik, an der Wiege der theoretischen Bewegungsgesetze des freien starren Körpers gestanden. Andere Arbeiten Eulers behandeln den Bewegungswiderstand im Wasser und die Beanspruchung des Schiffes unter verschiedenen vorkommenden Umständen, ferner die Anwendung der Schaufelräder als Schiffspropeller. Er gab endlich 1783 eine populärer gefaßte Bearbeitung seiner Schiffstheorie unter dem Titel: „*Théorie complète de la construction et de la manoeuvre des vaisseaux*“ heraus. Diese Schrift wurde an den französischen Marineschulen als Lehrbuch eingeführt und ein paar Jahr später von Monge durch ein kurzes Lehrbuch der Statik ergänzt, das dann seinerseits den Anstoß zu Poinsots Statik mit der Theorie der Kräftepaare gab. Die Kräftepaare aber sind zuerst in der Schiffsmechanik bei der Frage der Stabilität deutlich erkennbar hervorgetreten. So gab Euler mittelbar den Anstoß zu der Entwicklung der Statik, zu der er selbst nicht kam. —

Von andern Aufsätzen, die zum Gedächtnis Eulers erschienen sind, sei noch genannt ein Vortrag von W. Lorey[1]), in dem außer den mathematischen namentlich auch die akustischen Arbeiten gestreift werden, und ein Vortrag von Felix Müller[2]), der sehr

[1]) Physikal. Zeitschr. 8, Nr. 23 (1907), S. 856 bis 858.

[2]) Physikal. Zeitschr. 8, Nr. 23, S. 865—869.

[1]) Abh. d. Naturf. Gesellsch. zu Görlitz, Bd. 25, H. 2, 1907.

[2]) Unterrichtsbl. für Math. u. Naturw. 1907, Nr. 5.

ausführliche literarische Nachweise und kurze Charakterisierungen einer großen Zahl von Untersuchungen Eulers gibt. Eine Ergänzung dazu bildet der Aufsatz desselben Verfassers[1]): „Bibliographisch-Historisches zur Erinnerung an Leonhard Euler", der mit der Nachbildung eines Kupferstichs, Euler im 49. Lebensjahre darstellend, geschmückt ist. *P.*

Kant und die Naturwissenschaft[2]). Wie sehr das kürzlich erschienene Buch von E. KÖNIG über diesen Gegenstand meiner Überzeugung nach nicht nur „einem längst vorhandenen Bedürfnisse entgegen kommt", sondern auf naturwissenschaftlicher wie auf philosophischer Seite ein solches heilsames Bedürfnis erst zu wecken und dann zu befriedigen mir geeignet erscheint, mag aus der halb persönlichen Mitteilung hervorgehen, daß ich als Mitherausgeber unserer „Abhandlungen zur Didaktik und Philosophie der Naturwissenschaft" soeben mit einem hochgeschätzten Kollegen, einem Lehrer der Physik, der sich als genauer Kantkenner schon wiederholt literarisch bewährt hatte, über die Abfassung eines Sonderheftes des genau gleichen Titels in Unterhandlung gestanden habe. Ich bedaure also, daß die Schrift KÖNIGS uns zuvorgekommen ist — ich begrüße sie aber aufs wärmste als eine höchst gediegene Lösung der Aufgabe. Endlich, endlich ein Naturforscher, der sich nicht eine problematische Philosophie selber zurecht macht. Sondern KÖNIG (der Verfasser eines geschätzten großen Werkes über das Kausalproblem) hat auch diesmal seine Befähigung zum Philosophieren vor allem dadurch erwiesen, daß er die Gedanken eines anderen Philosophen ungetrübt darzustellen und sie aufzuhellen weiß, indem er sich nicht hinter eine angeblich historische Objektivität verschanzt, sondern seinen Philosophen sozusagen als das optische Instrument handhabt, daß ihm letztlich doch wieder nur Mittel ist, die Dinge selbst, (ich meine diesmal die Tatsache des naturwissenschaftlichen Erkennens als solchen) näher, größer, schärfer zu sehen. Dabei muß der Astronom oder Mikroskopiker natürlich auch Optiker sein und wissen, was seinem Instrument an Zerstreuungskreisen und Beugungsbildern zur Last fällt — an denen es ja bekanntlich bei KANT nirgends fehlt. Ein erstes selbständiges Verdienst des Darstellers bleibt dabei immer noch vor allem die Klarheit und Zweckmäßigkeit der Disposition seines großen Stoffes; sie ist sogleich ersichtlich aus folgendem Inhaltsverzeichnis: I. Kap. Naturwissenschaft und Naturphilosophie. II. Kap. Kant und die Naturwissenschaft seiner Zeit. 1. Einfluß der Naturwissenschaft auf Kants Philosophie; 2. Kant als Naturforscher. III. Kap. Die Leitsätze der kritischen Erkenntnislehre. 1. Die kritische Fassung des Erkenntnisproblems; 2. Anschauung und Denken — Aposteriori und Apriori; 3. Der Raum; 4. Die Denkformen (Kategorien); 5. Grenzen der Erkenntnis — Endergebnisse. IV. Kap. Kants Einwirkung auf die Naturwissenschaft des XIX. Jahrhunderts. V. Kap. Das Problem des Raumes und der Bewegung. 1. Der Anschauungsraum; 2. Der Raum der Geometrie; 3. der physische Raum. VI. Kap. Erscheinung und Wesen — Erfahrung und Theorie (Kritik des Phänomenalismus). VII. Kap. Das physikalische Problem. 1. Die Grundlagen der mechanischen Naturanschauung; 2. Die Prinzipien der Mechanik; 3. Die Konstitution der Materie; 4. Kinetik und Energetik. VIII. Kap. Das biologische und das psychophysische Problem. 1. Gegensatz der mechanistischen und der teleologischen Biologie; 2. Der Zweckbegriff bei Kant; 3. Ist der Zweckbegriff Kategorie? 4. Die Hauptformen der naturwissenschaftlichen Teleologie; 5. Die psychophysische Kausalität; 6. Schluß. Zusätze.

Es wäre an dieser Stelle unangebracht, auch nur eine der sachlichen philosophischen Differenzen zwischen dem Verfasser und mir berühren, geschweige zum Austrag bringen zu wollen. Das aber sei ausgesprochen, daß wir in dem vorliegenden Kantbuch endlich wieder eine so weit ins Innere der Kantischen Lehre vordringende, differenzierende Darstellung und Kritik vor uns haben, daß, wo sich beim philosophisch unterrichteten Leser Bedenken gegen KANT oder KÖNIG regen, eine Fortsetzung der fachwissenschaftlichen Erörterung überhaupt möglich ist. Bekanntlich hat CHWOLSON in seinem famosen: „Hegel, Häckel, Kossuth und das zwölfte Gebot"[1]) die beklagenswerte, während der letzten 15 Jahre nur noch gesteigerte Verfeindung zwischen Philosophie

[1]) Jahresber. d. D. Mathematiker-Vereinigung, XVI, 1907, H. 3/4.

[2]) König, Prof. Dr. Edm. (Sondershausen), Kant und die Naturwissenschaft. (Aus: Die Wissenschaft, Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monographien, Heft 22. Braunschweig, Vieweg, 1907.) 232 S. M 6,—.

[1]) Vgl. d. Ztschr. 19, 382.

und Naturwissenschaft wahrheitsgetreu geschildert. Meinong hat kürzlich neuerdings darauf hingewiesen, daß eine feindselige Stimmung fast nur mehr bei den Naturforschern, kaum je noch bei den Philosophen sich zeige. Sehr treffend sagt KÜNIG (S. 3): „Obschon es nahe läge zu fragen, ob und wieweit etwa die Lösung dieser Probleme schon durch die Arbeit der Philosophen vorbereitet worden sei, bemerkt man bei den Naturforschern wenig Neigung, von dem Resultate jener Arbeit Kenntnis zu nehmen. So ist Ostwald unter Hinweis auf Kant zwar bereit, anzuerkennen, daß „die Philosophie doch sehr bedeutende Ergebnisse aufzuweisen hat" und sich nicht bloß nach einer verbreiteten Meinung erfolglos im Kreise herumbewegt, aber er geht doch in seinen „Vorlesungen über Naturphilosophie" seinen Weg, ohne irgendwie Rücksicht auf vorhandene philosophische Theorien zu nehmen. Auch Mach gibt zwar den Naturforschern und Philosophen gelegentlich den Rat, voneinander zu lernen, legt aber selbst auf eine sachliche Verständigung mit der Philosophie wenig Wert, ja er hält sie für ausgeschlossen, solange die Philosophen untereinander uneinig seien." [Letzteres, ganz nebenbei bemerkt, im Munde des Relativisten Mach schon deshalb eine unbillige Zumutung an die Philosophie, weil er gerade für die Naturwissenschaften die unaufhaltsame Umbildung der Ansichten zu einem obersten heuristischen Prinzip macht.]

Ein besonderes Lob verdient auch noch die Form der Darstellung. Pflegen sonst Naturforscher, die immerhin gelegentlich etwas an philosophischen Hilfsbegriffen sich aneignen möchten, sogar von den zu solchen Zwecken von Fachphilosophen verfaßten Abhandlungen zu verlangen, daß nirgends eigentlich in eine fachphilosophische Erörterung eingegangen und daß nicht einmal eine fachphilosophische Terminologie benutzt, sondern daß auf das Niveau einer ungeschulten Fassungskraft für philosophische Dinge in Sache und Form herabgestiegen werde, so dürfte es sogar einem, wenn auch nur naturwissenschaftlich und noch gar nicht philosophisch geschulten Leser kaum noch möglich sein, die Auseinanderlegung der Kantschen Gedanken und der an sie geknüpften fachwissenschaftlichen Fortführungen seiner Probleme auch in vorliegender Darstellung nicht zu verstehen. Nicht nur nicht mehr gegenstandslos wird ein mit gutem Willen an den großen Gegenstand des Buches herantretender Leser diesmal die durch Kant angeregten Fragen finden können, sondern, wenn noch irgend etwas, so müßte dieses Buch einem philosophisch auch noch so ungeschulten naturwissenschaftlichen Leser Achtung vor philosophischer Denkarbeit als solcher und daneben die Anerkennung des guten Willens einer großen Zahl älterer und neuerer Philosophen, es mit der Naturwissenschaft nicht leicht zu nehmen, abgewinnen. Geht der Verfasser mit Helmholtz's gewiß oft willkürlichen Deutungen Kants im ganzen wohl kaum zu streng ins Gericht (S. 71ff.), so sollte schon die Erinnerung, was Kant einem der produktivsten Naturforscher des vorigen Jahrhunderts an Anregungen gegeben hat, auch die Naturforscher und die Naturlehrer unserer Tage für das vorliegende Buch dankbar machen. Denn es setzt sie nun auf bequemste Art in diejenige Fühlung mit Kant, in der sich das instinktive Bedürfnis der naturwissenschaftlichen Erkenntnispraxis nach philosophischer Erkenntnistheorie immer noch am ehesten, wenigstens vorläufig, befriedigen läßt[1]). *A. Höfler.*

4. Unterricht und Methode.

Die wissenschaftliche Ausbildung der Lehramtskandidaten. Die Unterrichtskommission der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte hat hierüber auf der Versammlung in Dresden einen eingehenden Bericht erstattet. Wir gehen nur auf die der Ausbildung in Physik und Chemie gewidmeten Darlegungen näher ein und verweisen in betreff der übrigen auf den bei B. G. Teubner erscheinenden Gesamtbericht über die Tätigkeit der Kommission. Zum Verständnis der gemachten Vorschläge ist indes nötig, vorauszuschicken, daß die Unterrichtsommission als Norm eine Trennung der gesamten mathematisch-naturwissenschaftlichen Studien in zwei Gruppen, eine mathematisch-physikalische und eine chemisch-biologische, ansieht und demgemäß die Vorschläge für jede der beiden Gruppen getrennt aufstellt. Sie ist ferner der Ansicht, daß das Hochschulstudium in zwei, wennschon zum Teil ineinander greifende Abschnitte zerlegt zu denken ist, einen generellen Teil, der die gemeinsame

[1]) *Anm. der Redaktion:* Man vergl. hierzu die beiden Bücherbesprechungen auf Seite 61 ff.

Grundlage für die betreffende Gruppe abgibt und zugleich das Minimum der wissenschaftlichen Ausbildung für die Lehramtskandidaten darstellt, und einen speziellen Teil, der der individuellen Ausgestaltung der Studien dient. Der generelle Teil ist für jede der Gruppen auf sechs Semester bemessen. Was den bestehenden Hochschulunterricht betrifft, so wird beklagt, daß der generelle Teil gegenüber dem speziellen vielfach verkümmert, indem das Studium von vornherein zu spezialistisch angelegt ist, und ferner, daß gewisse Einleitungsvorlesungen, die für ein heterogenes Hörerpublikum bestimmt sind, gelegentlich zu elementar gefaßt werden, so daß besonders die Lehramtskandidaten davon nicht den richtigen Vorteil haben. Es wird ferner gewünscht, daß von Anfang an praktische Übungen wie auch Seminare usw. systematisch neben die Vorlesungen treten und die Studierenden zur Selbsttätigkeit anleiten.

Was die Physik betrifft, so wird das physikalische Studium mit dem mathematischen durch Vermittelung der angewandten Mathematik zu einer ideellen Einheit verbunden gedacht; der Physik verbleibt in dieser Verbindung die besondere Aufgabe, das Experiment und das induktive Verfahren zur Geltung zu bringen. In diesem Zusammenhange wird auch gewünscht, daß den technischen Anwendungen der Physik genügende Aufmerksamkeit geschenkt werden möge, und daß mehr Räumlichkeiten für das nach verschiedenen Seiten zu erweiternde physikalische Praktikum geschaffen werden. Eine einleitende elementare Vorlesung über Experimentalphysik, die keinerlei Vorkenntnisse voraussetzt, sei nicht mehr am Platze; vielmehr sollte eine Gesamtübersicht über die Physik in der Weise gegeben werden, daß die experimentellen Belege in hochschulmäßiger Durchdringung mit theoretischen Darlegungen dargeboten werden, und hierbei sollte insbesondere auch von den Grundbegriffen der Differential- und Integralrechnung Gebrauch gemacht werden. Es wird den Dozenten der Physik anheimgegeben, erforderlichenfalls für solche Zuhörer, die nicht ohnehin Differential- und Integralrechnung studieren, eine kurze ergänzende Vorlesung hierüber einzurichten. Sollten gewisse Zuhörerkreise hierzu nicht geneigt sein, so möge man für diese einen besonderen physikalischen Lehrgang einrichten. Es gehe bei der seither mancherorts geübten Praxis unseren Lehramtskandidaten nicht nur viel kostbare Zeit verloren, sondern auch viel Lernfreude und innerer Fortschritt.

Befürwortet wird ferner eine beträchtliche Ausgestaltung des physikalischen Praktikums: „In der Hauptsache beschränkt sich dasselbe seither auf das „messende" Praktikum, an dem die Studierenden erst nach Absolvierung der einleitenden Vorlesung über Experimentalphysik teilzunehmen pflegen. Wir wollen diese Einrichtung gewiß hochhalten und wünschen nur, daß unsere Studierenden dabei nicht in einen schematischen Lehrgang gezwängt, sondern in persönlichem Verkehr mit dem Dozenten (oder geeigneten Assistenten) individuell gefördert werden. Wir möchten ihr aber nach vielfach geäußerten Wünschen noch Übungen anderer Art angliedern, wie sie hin und wieder bereits in den Anfängen bestehen, aber im Interesse der späteren Lehrer an allen Universitäten in systematischer Ausbildung gefordert werden müssen. Dies würden zuvörderst Handfertigkeitsübungen sein (in denen namentlich die Bearbeitung von Glas und Metall gelernt und einige Werkzeug- und Materialkenntnis vermittelt wird). Es würden ferner praktische Unterweisungen in der Behandlung von Instrumenten und im Aufbau von Apparaten hinzukommen müssen (wobei nicht in erster Linie an Schulapparate, sondern an wissenschaftliche Instrumente und an Apparate für den Hochschulunterricht zu denken ist, die der Studierende bei Gelegenheit auch in geordnetem Experimentiervortrag vorführen mag). Ein besonderer Kursus endlich würde der praktischen Befassung mit den technischen Anwendungen der Physik (auf Maschinenwesen und Elektrotechnik) gewidmet sein. Dies ist nicht nur durch die kulturelle Wichtigkeit der Sache, sondern auch durch das Bedürfnis des Schulunterrichts gerechtfertigt, der von dem Lehrer eine gewisse Vertrautheit mit diesen Dingen in stets wachsendem Maße fordert. Gegebenenfalls müßte hierfür ein besonderer Lehrauftrag erteilt werden."

Für die „generellen" Studien in Mathematik-Physik wie in Chemie-Biologie sind in dem Bericht schematische Übersichten der in sechs Semestern im allgemeinen zu erledigenden Vorlesungen aufgestellt, in denen überdies Raum für allgemeine Studien (in Geschichte der Philosophie und Pädagogik, in Logik und Psychologie) und für die verschiedenen Arten der Praktika gelassen ist. Die Übersicht für Mathematik und Physik enthält:

a) in reiner Mathematik: Differential- und Integralrechnung I und II; Differentialgleichungen, Algebra mit Zahlentheorie, Funktionentheorie, eine abschließende Vor-

lesung, die den ganzen mathematischen Lehrstoff nach seiner inneren Gliederung zusammenfaßt;

b) in Geometrie und angewandter Mathematik: Analytische Geometrie, darstellende Geometrie (mit projektiver Geometrie), Elementarmechanik mit graphischen und numerischen Methoden, Kurven und Flächen, Vermessungswesen und Wahrscheinlichkeitsrechnung, Astronomie mit Geophysik;

c) in Physik: Experimentalphysik I und II; Einleitung in die Chemie; höhere Mechanik; theoretische Physik I und II.

Die Reihenfolge der Fächer ist allerdings vom dritten Semester an etwas willkürlich, es wird von der gebotenen Gelegenheit abhängen, welche Vorlesungen in jedem Semester absolviert werden können. Auch soll das dargebotene Schema, ebenso wie das weiter unten folgende, nur ein Beispiel sein, um die Absichten der Kommission zu erläutern.

In bezug auf die zweite Gruppe der naturwissenschaftlichen Fächer macht der Bericht zunächst den wichtigen Vorschlag, die Geologie zusammen mit Mineralogie als ein selbständiges Prüfungsfach neben der Chemie einzurichten (ähnlich wie bereits die angewandte neben die reine Mathematik getreten ist) und auch den Stundenplan demgemäß zu gestalten. Die Geologie gebe als Bindeglied zwischen den organischen und den anorganischen Naturwissenschaften der Naturbetrachtung eine gewisse Abrundung und beiden Gebieten den Charakter einer historischen Wissenschaft; dem Lehrer der Chemie und Biologie müsse darum ein umfangreiches geologisches Wissen zur Verfügung stehen. In der Vorlesung über Experimentalchemie sei sowohl ein Eingehen auf volkswirtschaftlich wichtige Zweige der Technik und Industrie als auch auf die für den Stoffwechsel der Pflanzen und Tiere wichtigen Verbindungen wünschenswert; auch empfehle es sich, sowohl die Anschauungen der physikalischen Chemie in die Darstellung hineinzuweben und zugleich die historische Entwickelung der chemischen Wissenschaft zu berücksichtigen. Bei den Laboratoriumsübungen sei von einer eigentlichen Beherrschung der Analyse abzusehen, dagegen sollten präparative Arbeiten und Übungen im Anstellen von Demonstrationsversuchen mehr in den Vordergrund treten. Weitergehende Vorlesungen über Spezialgebiete (organische Chemie, analytische, physikalische und technologische Chemie) haben nur für die Kandidaten Bedeutung, die chemische Spezialstudien treiben wollen. Für den Lehramtskandidaten würden im allgemeinen nur kurze, wöchentlich ein- bis zweistündige Vorlesungen auf den genannten Gebieten ausreichen, wozu für die technische Chemie noch Exkursionen in Betracht kämen, durch die etwaige Lücken der allgemeinen Experimentalvorlesung ausgefüllt werden könnten. —

Die schematische Übersicht für die generellen Studien in Chemie-Geologie-Biologie umfaßt folgende Vorlesungen:

a) Experimentalchemie I und II, Mineralogie, (Physikalische Chemie), (Technologische Chemie), allgemeine Biologie nebst Tier- und Pflanzengeographie;

b) Experimentalphysik I und II, allgemeine Geologie, historische Geologie, Paläontologie nebst Anthropologie, Kryptogamenkunde;

c) Morphologie und Systematik der Gefäßpflanzen, Pflanzenanatomie und -physiologie, systematische Zoologie, ausgewählte Kapitel aus der Biologie der niederen Tiere, vergleichende Anatomie und Physiologie der Tiere, Anatomie und Physiologie des Menschen.

Hinzu treten Übungen, Praktika, Seminare und besonders auch Exkursionen sowie die im ersten Schema schon aufgeführten allgemeinen Studien.

Weitere Abschnitte des Berichtes betreffen: Spezialstudien, Doktorpromotion und Assistentenstellung sowie namentlich die Erweiterung des Studiengebietes durch Aufnahme von Nachbarfächern. Empfohlen wird besonders, daß die mathematisch-physikalischen Studien nach der Seite der Chemie oder auch die chemisch-biologischen Studien nach der Seite der Physik hin ergänzt werden. [Namentlich die letzte Ergänzung, auf eine Lehrfakultas in Physik, Chemie nebst Geologie und Biologie abzielend, wird neuerdings mehrfach als wünschenswert bezeichnet.] Empfohlen wird ferner noch die Erweiterung des Studiengebiets durch philosophische Propädeutik oder durch Geographie.

Bezüglich des Lehramtsexamens wird gewünscht, daß bei der angewandten Mathematik sinngemäße Anforderungen betr. Astronomie nebst Geophysik aufgenommen werden, und daß für angewandte Mathematik im gegebenen Fall ebenso die zweite Stufe erteilt werde wie für andere Fächer; die Prüfung in sog. allgemeiner Bildung soll sich auf Philosophie und Pädagogik beschränken. Namentlich aber wird empfohlen, daß die Prüfung nach Möglichkeit der individuellen Leistung des einzelnen Kandidaten gerecht

wird, und daß Belege über die Beteiligung an Seminaren und praktischen Übungen gefordert und berücksichtigt werden. Als Examinatoren sollten im Prinzip nur die Fachvertreter an der Hochschule, und in größerer Zahl nebeneinander, wirken; dabei muß die Gefahr vermieden werden, daß Spezialkenntnisse in einem Fache auch dann verlangt werden, wenn Spezialisierung nach Lage der Sache nicht verlangt werden kann.

Von den pädagogischen Seminaren verlangt der Bericht neben der allgemeinen Einführung in den Beruf auch eine besondere in den Betrieb der einzelnen Fächer. Im besonderen wird auf Vorschläge, die von physikalischer Seite gemacht sind, hingewiesen; diese lauten: „Es scheint erforderlich, daß ein systematischer Kursus von Übungen im Gebrauch physikalischer Apparate und in ihrer unterrichtsgemäßen Vorführung eingerichtet wird. Auch ein Kursus im Anstellen und Leiten physikalischer Schülerübungen wird um so mehr ein Bedürfnis werden, je mehr diese Übungen an den höheren Lehranstalten Eingang finden. Damit diese Kurse den damit bezweckten Erfolg haben, wird die Ausrüstung der betreffenden Lehranstalt mit geeigneten Sammlungen nötig sein, da die gewöhnlichen Schulsammlungen in der Regel dem hier vorliegenden Bedürfnis nicht genügen. Sollte es an einzelnen Orten zur Begründung der von mehreren Seiten empfohlenen Schulmuseen kommen, so würden diese auch für die Ausbildung von Lehramtskandidaten nutzbar gemacht werden können. Die damit verwandte, von dem preußischen Unterrichtsministerium getroffene Einrichtung der „Alten Urania“ in Berlin, die speziell auch der Ausbildung von Lehramtskandidaten dient, bedeutet, so schätzenswert sie auch ist, doch erst einen Anfang in dieser Richtung. Zu wünschen wäre die Begründung ähnlicher Anstalten in anderen Provinzen, ohne daß dadurch die Ausstattung einzelner Lehranstalten für den gleichen Zweck in der vorher angedeuteten Weise überflüssig gemacht würde.“ Daneben verlangt der Bericht auch eine geeignete Einführung in die Schulhygiene.

Endlich wird für die wissenschaftliche Fortbildung der Lehrer eine Reihe von Forderungen erhoben: bessere Ausstattung der Schulbibliotheken, Erweiterung der Ferienkurse nebst Maßnahmen zur Erleichterung der Teilnahme für die in der Praxis stehenden Lehrer und Gewährung von Urlaubssemestern, wie dies in den philologisch-historischen Fächern bereits in ziemlichem Umfange geschieht.

Den Schwankungen in der Zahl der Studierenden wünscht die Kommission begegnet zu sehen durch eine Statistik, die über das jeweilige Bedürfnis in den einzelnen in Betracht kommenden Fächern regelmäßige Nachweise bietet. Auch die Frage der Ausbildung der Lehramtskandidaten der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer an den technischen Hochschulen wird einer Erörterung unterzogen und empfohlen, an der technischen Hochschule zu Danzig, wo die Verhältnisse hierfür am geeignetsten zu sein scheinen, die Lehrerausbildung probeweise einzurichten.

Den Schluß des Berichts bildet ein lebhafter Appell an die Unterrichtsbehörden, die akademischen Kreise und die Oberlehrer, an ihrem Teil zur Verwirklichung der gemachten Vorschläge mitzuhelfen. *P.*

Ein amerikanisches Lehrbuch der Physik. Während des letzten Menschenalters hat man den physikalischen Unterricht völlig umgestaltet: die Herrschaft des mathematischen deduktiven Verfahrens wurde beseitigt, die Zwangsjacke der starren Definitionen und ehernen Gesetze abgeworfen und der Rest der bloß angenehm unterhaltenden Physik aus der Schule verbannt. Beobachtungen der Naturerscheinungen, Demonstrationen des Lehrers und eigene Versuche der Schüler liefern die Tatsachen und die Gedanken, und in allmählicher Entwicklung lernt der Schüler, diese immer vollkommener aneinander anzupassen. Hierin hat sich stillschweigend und ohne jede Vereinbarung eine internationale Übereinstimmung der Physiklehrer herausgebildet.

Dieses neue Verfahren befriedigt zurzeit die Bedürfnisse der Lehrer, die nach der größten Vollkommenheit der Sache streben. Erfüllt es aber auch das geheime Sehnen und die großen Erwartungen der Jugend, die nur mit Ungeduld den Beginn des physikalischen Unterrichts erwartet hat? Hier stehen wir Lehrer leider vor einem großen X, und doch hängt die weitere Entwicklung unseres Lehrverfahrens im wesentlichen davon ab, daß wir hier klarer sehen und sicherer fortschreiten. Wir müssen unsere Blicke nicht nur auf unsere Versuche und Entwicklungen richten, sondern auch in die Seelen der Schüler. Aus Büchern ist da gar wenig zu lernen, die Psychologie bietet hier zwar viele Worte, was immer ein Anzeichen des Nichtwissens ist, doch keine Stützen, die eine ernst-

liche Belastung aushalten. Die verschwommenen Erinnerungen aus der eigenen Schulzeit sind keine sicheren Wegweiser. Wir müssen uns andauernd bemühen, die Interessen der Jugend von heute zu erforschen. Leicht sind die Sachen festgestellt, denen sie bewußt ihre Teilnahme schenkt, wie dem Automobil, dem lenkbaren Luftschiff, dem Unterseeboot u. dgl., gar schwierig aber sind die feineren, unbewußten und noch schlummernden Interessen zu erkennen, und doch beruhen unsere wertvollsten Unterrichtserfolge im wesentlichen darauf, daß wir von diesen gerade diejenigen aufspüren, welche für unsere Ziele förderlich sind, und diese dann kräftig zur Entwicklung bringen. Es handelt sich weniger darum, die niederen Interessen der Jugend durch den physikalischen Unterricht zu befriedigen, als vielmehr darum, durch ihn die noch schlummernden höheren Interessen zu wecken und zur Entfaltung zu bringen.

Bietet man den Schülern den physikalischen Lehrstoff in einer Reihe von Problemen dar, so zerfällt die Behandlung in drei Hauptstufen: die Aufstellung, die Lösung und die Wertung des Problems. Bei der Aufstellung des Problems werden durch eine Reihe geschickter Fragen alle Erfahrungen und Gedanken herausgelockt, die die Schüler über die Frage bereits besitzen, vorläufige Begriffe gebildet, die möglichen und wahrscheinlichen Beziehungen zwischen den Begriffen erörtert und schließlich das Problem formuliert. Die Lösung des Problems geschieht entweder in der Klasse an der Hand der Versuche, die der Lehrer anstellt, oder, wo es geht, an der Hand der Versuche, die der Schüler selbst in den Übungen ausführt. Bei der sich anschließenden Wertung des Problems wird vor allem gezeigt, welche Bedeutung es nicht nur für die Wissenschaft, sondern auch für die ganze menschliche Kultur hat. Die Lösung des Problems verlangt von den Schülern zuweilen langweilige und ermüdende Arbeiten. Man muß sie daher bei der Aufstellung des Problems so reizen und begeistern, daß sie diese mühseligen Arbeiten freudig auf sich nehmen, und daß sie zu der Zeit nichts auf der Welt für wertvoller halten als die Lösung gerade dieses Problems. Bei der Lösung des Problems führt selbst eine mehr oder minder handwerksmäßige Behandlung zum Ziel, wenn der Lehrer nur energisch ist. Die erfolgreiche Aufstellung und Wertung des Problems hingegen verlangt unbedingt erfahrene, gewandte, begeisterte und frische Lehrer. Kann ein Lehrer, der am Tage vorher vier Stunden lang Hefte korrigiert und sich dadurch vorübergehend in einen Zustand des höheren Stumpfsinns versetzt hat, an einem Sommernachmittag physikalischen Unterricht noch erfolgreich erteilen? In den Vereinigten Staaten geben die Physiklehrer, wenn ich recht unterrichtet bin, zuweilen 30 Stunden in der Woche. Kann ein so leergepumpter Lehrer (oder gar erst eine Lehrerin), für den die Bezeichnung Lehrkraft wie Hohn klingt, so hohe Ansprüche des Unterrichts noch erfüllen? Trotz großer Befähigung, reichem Wissen und glühendem Eifer vermag ein so erschöpfter Lehrer nur noch das Handwerksmäßige zu leisten. Er nützt nichts, er schadet nur der Jugend. Matt und langweilig verläuft der Unterricht, und es versagen die enttäuschten Schüler.

Dies alles muß man berücksichtigen, wenn man ein neuerdings erschienenes Buch [1]) richtig bewerten will. das sich das Ziel gesetzt hat, die nordamerikanische Jugend wieder lebhafter für den physikalischen Unterricht zu begeistern. Das Studium von Lehrbüchern bringt im allgemeinen dem Lehrer wenig Gewinn. Lehrpläne, Prüfungen, Rücksicht auf allgemeine Verwendbarkeit veranlassen zumeist Verfasser und Verleger, den Inhalt auf das landesübliche Niveau der Mittelmäßigkeit hinabzudrücken. Daher ist in allen Kulturländern die Zahl der Lehrbücher, die eigene Wege gehen, gering. Der Lehrer kann daraus zwar sehr viel lernen, der Verleger aber wenig daran verdienen; denn sie erleben nur eine oder doch nur wenige Auflagen. Zu dieser kleinen Gruppe von auserlesenen Lehrbüchern gehört auch das vorliegende. Es ist dem Kampf der Physiklehrer um das Herz des Schülers gewidmet. Die Verfasser, von denen der eine zu den Hauptführern in der Reform des physikalischen Unterrichts in den Vereinigten Staaten [1]) zählt, wollen vor allem das Interesse der Schüler erregen und müssen daher die Aufstellung und Wertung der Probleme stärker als üblich betonen. Zugleich wollen sie die Schüler zu wissenschaftlichem Denken erziehen und auch einige geeignete Gebiete vom historischen Standpunkt aus beleuchten. Hingegen fehlen in dem Buch die Demonstrationen und die Schülerübungen, und es treten also die Lösungen der Probleme zurück, soweit sie auf Versuchen beruhen. Das methodisch an-

[1]) Physics. By Charles Riborg Mann and George Ransom Twiss. Chicago, Scott, Foresman and Company, 1905. X u. 453 S.

[1]) Vgl. diese Zeitschr. 20, 189 u. 259; 1907.

gelegte Buch enthält mithin das, was in den meisten Büchern fehlt. Man darf bezweifeln, daß sich dies Verfahren bewährt. Gerade die Aufstellung des Problems, die an den jeweiligen Wissensstand der Schüler anzuknüpfen hat, ändert sich mit jeder Generation, mit Ort und Zeit und läßt sich kaum allgemein festlegen. Wird hier nicht versucht, den Lehrer gerade da zu ersetzen, wo er nicht ersetzbar ist?

Wodurch sucht nun vorzugsweise das Buch das Interesse des Schülers zu erregen? Den Ausgangspunkt bilden die großen technischen Anwendungen der Physik, die das Leben der Menschheit völlig umgestaltet haben. So knüpft das Buch an die Bewegung eines Eisenbahnzuges die Behandlung der Mechanik der festen Körper, an die Betrachtung der Riesenpumpe eines Wasserwerks die Mechanik der Flüssigkeiten und Gase, an eine Dampfmaschine mit dreifacher Expansion die Wärmelehre und an Dynamomaschine, Elektromotor und elektrische Beleuchtung die Elektrizitätslehre an. Für die Lehre vom Schall und vom Licht fehlen solche technischen Ausgangspunkte. Ohne Zweifel wird bei diesem Verfahren der Schüler stark gereizt, und es ist sicher zuweilen ratsam, von diesem Standpunkt aus die Sache anzufassen. Die Verfasser selbst sehen zwar den Erwerb von rein praktischem Wissen nicht als ein wertvolles Ziel des physikalischen Unterrichts an. Gewöhnt man aber nicht leicht durch derartige Anknüpfungen den Schüler daran, nur die Dinge einer gründlichen Untersuchung zu würdigen, die materiellen Nutzen bringen? Ist auf diesem Wege die Menschheit vorwärts gekommen? Suchte Black bei seinen Arbeiten über die Wärme nach der Dampfmaschine, Faraday bei seinen elektrischen Forschungen nach der Dynamomaschine und dem Elektromotor und Hertz bei seinen Versuchen über elektrische Strahlungen nach der drahtlosen Telegraphie? Wir müssen als wahre Erzieher der Jugend immer wieder darauf hinweisen, daß fast ausschließlich die selbstlosen Forscher die großen Fortschritte der Kultur bewirkt haben. Gerade die großen geistigen Kämpfer der Menschheit ziehen bei richtiger Behandlung die Schüler auf das lebhafteste an. Den Wandel der Anschauungen von Aristoteles bis Newton, von Black bis Mayer, von Gilbert bis Hertz müssen sie noch einmal mit erleben. Den gewaltigen Kampf der großen Denker um die Ergründung des Weltbaues von Ptolemäus bis auf Newton muß der Schüler noch einmal durchkämpfen. Nur so gewinnt er die Elastizität des Geistes und die Weite des Blicks, die aus der Beschäftigung mit der Wissenschaft entspringen. In dieser Hinsicht dürfte ein Verfahren förderlicher sein, wie es Poske bei der Behandlung der Hydro- und Aerostatik (ds. Ztschr. 6, 273; 1893 und 15, 321; 1902) eingeschlagen hat.

Läßt also das Buch auch noch manches zu wünschen übrig, so ist es doch ohne Zweifel zu den bedeutendsten physikalischen Schulbüchern zu zählen. Es enthält eine seltene Fülle des Neuen, überall kann der Leser etwas Wertvolles lernen, und vieles regt ihn an, seinen seitherigen Lehrgang kritisch zu prüfen. Der neue Standpunkt zwingt die Verfasser zu einer Stoffauswahl, die oft von der üblichen abweicht, und hier ist besonders lehrreich, was alles ihnen entbehrlich erscheint. Selbst der, der auf dem Standpunkt steht: „die ganze Richtung paßt mir nicht“, wird nicht zu bestreiten wagen, daß die Inhaltsübersichten (*Summaries*), die Wiederholungsfragen (*Questions*), die Aufgaben (*Problems*) und vor allem die Anregungen (*Suggestions to students*) von hervorragendem Wert sind. Den Zielen und der Anlage des Buches entsprechend sind auch die Abbildungen, vielfach nach wundervoll ausgeführten Photographien, ganz eigenartig ausgewählt. Viele mögen zwar den Stoff der Bilder ablehnen, doch werden sie nicht leugnen können, dadurch wertvolle Anregungen erhalten zu haben. Kein Lehrer, der seinen Unterricht auf die Höhe der heutigen Entwicklungsstufe emporheben will, darf das gründliche Studium dieses Buches unterlassen. *H. Hahn.*

5. *Technik und mechanische Praxis.*

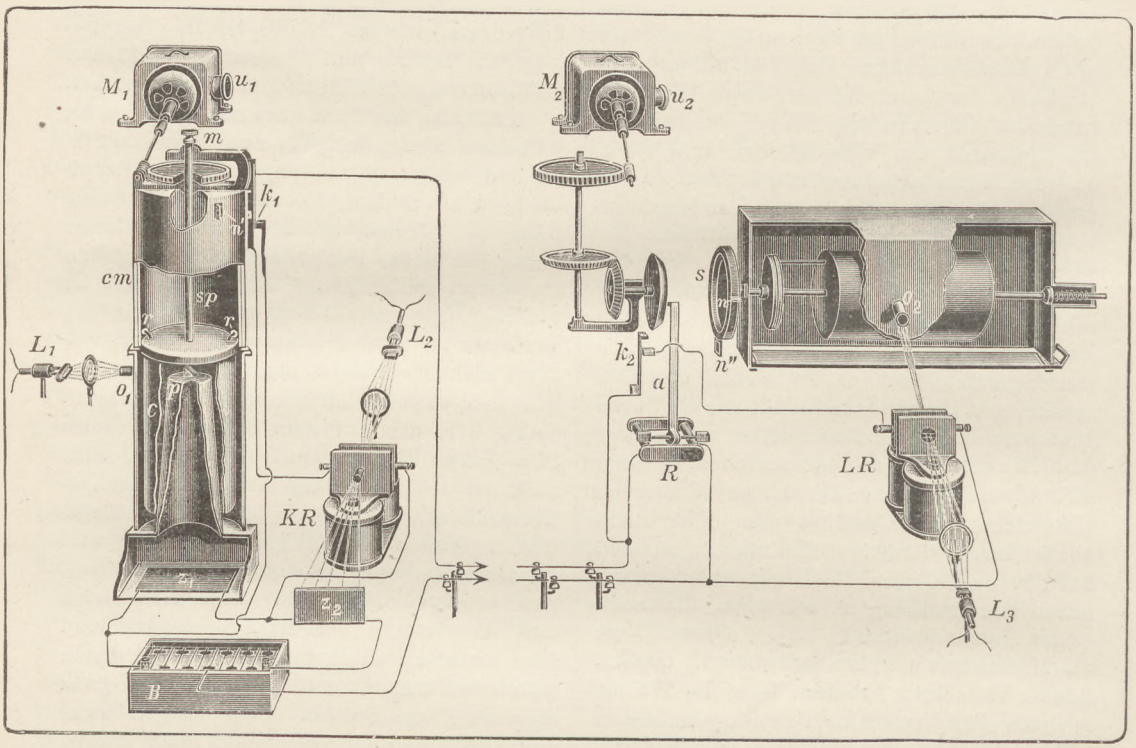
Elektrische Fernphotographie System A. Korn. Im Anschluß an frühere Berichte über diesen interessanten Apparat[1]) sei hier noch einiges über dessen gegenwärtige Einrichtung mitgeteilt[1]), welche schematisch vollständig in Fig. 1 dargestellt ist. Links be-

[1]) Diese Zeitschr. XV 375, 1902; XVII 115, 1904; XX 335, 1907.

[1]) Ein solcher Apparat befand sich auf der am 15. September geschlossenen „Ausstellung von Erfindungen“ in Berlin; Ref. hatte dort täglich praktisch mit dem Apparat zu tun, wie

findet sich die Sende-, rechts die Empfangsvorrichtung.

1. Was zunächst den Sender anbetrifft, so wird das zu übertragende Bild, als Transparent auf einem Film, zu einem Zylinder zusammengebogen, so daß die Schmalseiten sich berühren, und so auf einen Glaszylinder c geschoben, der nur oben geschlossen und dort mit einer langen Schraubenspindel sp versehen ist, die in einer feststehenden Mutter m läuft. Mittelst zweier Rollen $r\,r$ kann c in dem lichtdichten Mantelzylinder $c\,m$ aufwärts gleiten, aber sich nicht gegen diesen verdrehen; wenn also cm durch die Zahnradübersetzung vom



Sender Fig. 1. Empfänger

Motor M_1 gedreht wird, so muß c diese Bewegung mitmachen, hebt sich aber dabei ganz gleichmäßig, wenn m geschlossen ist, so daß alle Punkte des Bildes in spiraliger Aufeinanderfolge an der Lichteintrittsöffnung o_1 vorbeigehen. Als Lichtquelle dient eine Nernstlampe L_1; innerhalb des Bildträgers befindet sich ein feststehendes Reflexionsprisma p, welches das Licht auf die unterhalb befindliche Selenzelle z_1 wirft.

2. Im Empfänger wird ein wesentlich kleinerer Film als der des Bildes auf eine entsprechend kleinere Walze geschoben, die in einem ebenfalls lichtdichten Kästchen sich befindet und wie der Glaszylinder c gedreht und gleichzeitig axial verschoben wird. Die Achse trägt außerhalb des Kästchens eine konisch ausgedrehte Scheibe s, mittels deren sie einfach durch Reibung mit dem Triebwerk des Gebers derselben Station — jede vollständige Station besitzt natürlich Geber und Empfänger — gekuppelt wird.

3. Die Belichtung im Empfänger geschieht jetzt mit Hilfe eines sog. „Lichtrelais LR“, d. h. eines modifizierten Saitengalvanometers (diese Zeitschr. XX, 336). Der Übertragungsstrom durchläuft zwei wagerecht zwischen den Polschuhen eines kräftigen Elektromagneten ausgespannte Drähtchen in der Weise, daß dieselben um so mehr nach aufwärts durchgebogen werden, je stärker der sie durchlaufende Strom bzw. je geringer bei gleicher Stromstärke ihre — durch Schraube veränderbare — Spannung ist. Die Pole sind nun so durchbohrt, daß das Licht einer Nernstlampe wagerecht durch sie hindurch, senkrecht zu den genannten beiden Drähtchen, auf die Einfallsöffnung o_2 des Empfängers gelangt, die aber bis auf einen geringen Rest durch eine Blende (in der Figur fortgelassen) verschlossen ist; auf dieser wird durch eine im hinteren Polschuhe befindliche Linse ein

auch Gelegenheit, weiteren z. T. in Gegenwart von Herrn Prof. KORN selbst angestellten Versuchen über die Strecke München—Berlin beizuwohnen.

scharfes Schattenbild eines winzig kleinen, die beiden Drähtchen in ihrer Mitte verbindenden Aluminiumschirmchens von etwa 1 mm² entworfen, das bei Stromlosigkeit die Restöffnung eben vollkommen decken muß (die Angaben dieser Zeitschr. XX, 335 treffen für die neuen Apparate nicht mehr zu). In demselben Maße wie die Stromstärke infolge der wechselnden Belichtung der Selenzelle im Sender ändert sich nun auch die Ablenkung des Schirmchens im Empfänger und damit entsprechend auch die Größe der für den Lichteintritt freistehenden Öffnung bzw. die Quantität des eingelassenen Lichtes.

4. Der Synchronismus wird in folgender Weise bewirkt. Sende- und Empfangszylinder vollenden ihre Wege in der gleichen Zahl von Umdrehungen. Die verhältnismäßig kräftig gewählten Motoren M_1 und M_2 sind mit Umdrehungszählern u_1 u_2 ausgestattet und werden mit deren Hilfe so eingestellt, daß M_2 um 1% schneller läuft als M_1; an der Kuppelungsscheibe s befindet sich nun eine Nase n, die gerade dann, wenn die aneinanderstoßenden Filmränder bzw. der an dieser Stelle den Film haltende Metallstreifen sich hinter der Lichteintrittsöffnung o_2 befindet, an eine Arretierung a stößt und dadurch eine weitere Drehung der Empfängerwalze verhindert. Im Sender befindet sich nun am Mantel m c ebenfalls eine Nase n', deren Stellung eine solche ist, daß sie gerade dann, wenn auch im Sender die aneinanderliegenden Bildränder im Strahlengange sich befinden, bei k_1 einmal das Kompensationslichtrelais KR abschaltet, zweitens die eigentliche Übertragungsselenzelle kurzschließt, so daß nun ein starker Strom in die Leitung und damit in das Relais R der Empfangsstation gelangt, dieses betätigt und dadurch ein Zurückziehen der Arretierungsnase a bewirkt, infolgedessen also im gleichen Augenblicke die Drehung beider Films beginnt. Auch das Lichtrelais KR ist bei dieser Gangkorrektion abgeschaltet, indem die Nase n'' bei k_2 dessen Stromkreis ebenso unterbricht wie n' bei k_1 den von LR.

5. Die richtige Wiedergabe der Helligkeitstöne. Durch Anwendung des Selenkompensators (vgl. XX, 336, Fig. 2, und oben Fig. 1, KR) ist es gelungen, die Ströme in der Fernleitung genau den Belichtungen der Selenzelle im Sender, d. h. den Helligkeitsabstufungen des Bildes, proportional zu machen; notwendig ist dabei, daß stets, welches auch die Helligkeitstönung sein mag, die ganze Zelle des Kompensationslichtrelais KR belichtet wird, und dies ist in folgender Weise erreicht, Fig. 2. Die Zelle Se (= z_2 in Fig. 1) ist in einen würfelförmigen, innen mit Spiegeln ausgelegten Kasten eingeschlossen, dessen dem Lichte zugewandte Öffnung durch wagerechte, dicht aneinandergereihte Glasstäbchen L_3 verschlossen ist; diese wirken auf das von J durch die Linsen L und L_1 herkommende Licht brechend und reflektierend, es so z. T. auf die Spiegel Sp_1 und Sp_2 werfend, von wo es nach Se gelangt, dessen ganze Oberfläche deckend, gleichgiltig, wie groß die Abweichung des zwischen den Polschuhen N und S befindlichen Blättchens b ist. Es gilt nun also, auch im Empfänger die Lichtschwankungen bzw. die Schwankungen in der Größe der Eintrittsöffnung den Stromstärken proportional zu machen, was zunächst nicht der Fall ist, da der doppelten Stromstärke nicht der doppelte,

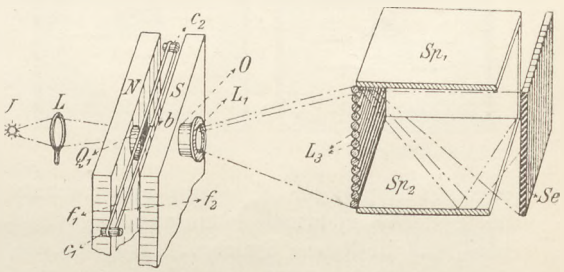


Fig. 2.

sondern nur etwa der 1½fache Ausschlag des beweglichen Schirmchens entspricht. Es ist deshalb die Lichteintrittsöffnung o_2 dreieckig mit nach oben gerichteter Spitze. Je kleiner also — bei Ablenkung nach unten — der Zuwachs der Ablenkung bei gleichem Zuwachs der Stromstärke wird, um so breiter wird die Öffnung an der in Frage kommenden Stelle. Es genügt dies aber noch nicht, sondern man muß hinter der Öffnung noch einen getönten Film anbringen, der an der Dreiecksspitze am dunkelsten ist. Das Kompensationslichtrelais ist auf der Sendestation aufgestellt und ermöglicht, insofern seine Bewegungen mit denen des Empfangslichtrelais LR übereinstimmen müssen, eine bequeme Kontrolle der Bildübertragung seitens der Gebestation; außerdem bietet die Anordnung wesentliche, leicht ersichtliche Vorteile betreffs der richtigen Einstellung der Kompensatien.

6. Beim Gebrauch des Apparates wird in folgender Weise verfahren. Verwendbar sind zurzeit nur Luftleitungen, und zwar kann unbeschadet der richtigen Bildwiedergabe gleichzeitig über dieselbe Leitung ferngesprochen werden, wobei nur im Geber das Telephon mittelst Kondensator parallel, im Empfänger dagegen mit dem Empfangslichtrelais in Reihe geschaltet ist. Vor Beginn der Übertragung ist auf beiden Stationen

alles in Ordnung zu bringen, Bild bzw. Empfangsfilm einzulegen, letzterer, nachdem die Linsen im Relais und in o_2 richtig eingestellt sind. Ist die Fernleitung angeschlossen, so verlangt zunächst Empfänger „Maximum und Null“, worauf im Sender die hellste Bildstelle eingestellt und die Lichteintrittsöffnung o_1 abwechselnd mit vorgehaltener Hand verdeckt und wieder freigegeben wird und im Empfänger so eingestellt wird, daß abwechselnd der Schatten des Aluminiumschirmchens eben gerade o_2 völlig bedeckt (Null) oder gerade eben ganz freigibt (Maximum), s. Fig. 3 und 4. Dann

Fig. 3.

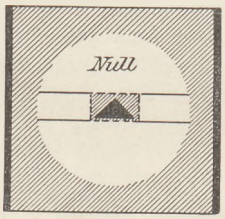


Fig. 4.

verlangt Empfänger „Synchronismus“, worauf im Sender *cm* mehrmals so hin und hergedreht wird, daß die Nase n' Synchronisierungsstromstöße aussenden kann; im Empfänger wird unterdessen k_2 mit der Hand in Tätigkeit gesetzt, und es muß dann das Relais R ordnungsmäßig ansprechen, andernfalls wird es durch Nachstellen dazu gebracht. Dann wird der Empfangskasten mit dem Film eingesetzt, die Motoren eingeschaltet und auf die vorgeschriebenen Umlaufszahlen im Verhältnis 100:101 (s. oben) gebracht und im Empfänger der Bildträger eingerückt. Die Schraubenspindel *sp* kommt dann allmählich oben heraus; ist das Bild vollständig durchgelaufen, dann wird sein Träger automatisch ausgerückt, und es bleibt dann auch, weil nunmehr kein Synchronismusstromstoß kommt, die Empfängerwalze stehen, woran die Vollendung der Übertragung erkennbar ist.

7. Der Bildcharakter. Bei der beschriebenen „normalen“ Einstellung erhält man beim Entwickeln Negative, die noch zu kopieren sind; die so erzeugten Bilder bestehen aus dicht nebeneinanderliegenden Streifen, die von Punkt zu Punkt dem Original entsprechend wechselnde Helligkeit auf schwarzem Grunde besitzen. Die verkleinerte Wiedergabe eines solchen mit Störungen durch „Weckrufe“ auf benachbarten Fernsprechleitungen zeigt Fig. 5. Dadurch, daß man, wie Glatzel[1]) getan, vor o_2 einen rotierenden Sektor anbringt, kann man die Striche in Punkte zerlegen, also Bilder ähnlichen Charakters wie Autotypien erhalten, nur darin abweichend, daß jene aus Punkten verschiedener Helligkeit auf schwarzem Grunde, diese aus schwarzen Punkten verschiedener Größen auf weißem Grund bestehen. Kehrt man die Blende in o_2 um, so daß das Öffnungsdreieck seine Spitze abwärts kehrt, und stellt man so ein, daß der Blättchenschatten bei „Null“ gerade eben vollständig oberhalb des Dreiecks steht, bei „Maximum“ dagegen dies vollkommen deckt, so erhält man beim Entwickeln unmittelbar ein Positiv. Es lassen sich nicht nur Porträts (s. Fig. 5), sondern auch Gruppen- und Gebäudeaufnahmen gut übertragen; bei viel Einzelheiten tut man gut, die Bilder auf das Vierfache der Normalgröße von 13×21 cm zu vergrößern und sie dann in vier Teilen zu übertragen, die nachher zusammengesetzt werden.

Fig. 5.

8. Praktische Verwendung wird das System bereits in allernächster Zeit finden. Die beiden Originalapparate sind von der Firma A. Scherl für die Zwecke der in ihrem Verlage erscheinenden Zeitschriften in München und Berlin erworben worden; weitere Apparate, welche von der Firma Carpentier in Paris gebaut werden, sind bereits in Paris und London aufgestellt und zu Versuchen verwendet, sodaß sie wie auch solche in Kopenhagen und in Stockholm demnächst in Betrieb kommen dürften. Die jetzige Vollkommenheit des Systems ist wesentlich durch die Einführung des Selenkompensators und des Lichtrelais erreicht worden.

Biegon von Czudnochowski.

[1]) Glatzel, Das Selen usw. Deutsche Mechaniker-Zeitung 1907, Heft 18 u. f.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Ptolemäus oder Kopernikus? Eine Studie über die Bewegung der Erde und über den Begriff der Bewegung. Von Dr. Karl Neißer. Natur- u. kulturphilosophische Bibliothek, Bd. VII. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1907. 153 S. M 3,—; geb. M 3,80.

Eine Schrift, an der vor allem merkwürdig ist, daß sie auf den alten Streit, ob an der Bewegung alles relativ sei, zahlreiche neue Lichter zu werfen vermag. Ihren Inhalt annähernd erschöpfend wiederzugeben, ist mir schon darum verwehrt, weil sie sich großenteils gerade mit meinem Versuch[1]) beschäftigt, auch in Sachen der Bewegung an den Grundsatz zu erinnern, daß es „keine Relation ohne absolute Fundamente“ gebe. Bis dahin hatte ich gemeint, etwa in Machs Relativismus einen extremen Standpunkt gegen jedes auch noch so bescheidene Maß von (wenn das Wort erlaubt ist) Absolutismus in Sachen der Bewegung zur Diskussion ausgewählt zu haben. Nun wird aber Mach noch überboten durch Neisser, dessen Eingangsworte lauten:

„Es scheint, als seien die Akten über den alten Streit um die Himmelsbewegungen noch immer nicht geschlossen. Man hat zwar in den letzten Jahrhunderten die ptolemäische Hypothese von der ruhenden Erde fast allgemein verlassen, und das kopernikanische Weltsystem ist so gut als alleinherrschend geworden. Eine neue Auffassung der Bewegungen im All macht sich jedoch seit einiger Zeit geltend — eine Auffassung, nach welcher Ptolemäus ebensowenig unrecht gehabt hätte als Kopernikus. Einzelne Forscher, an deren Spitze Ernst Mach steht, und deren Anhängerschaft sich bereits zu verstärken beginnt, verteidigen den Gedanken, daß die ptolemäische und die kopernikanische Lehre astronomisch und physikalisch vollkommen gleichwertig seien, und daß sie bloß deshalb zu verschiedenen Ergebnissen führen, weil der Standpunkt des Beobachters das eine Mal die Erde und das andere Mal die Sonne ist. Auch bei dieser Ansicht wird man aber, wie ich glaube, nicht verbleiben können. Man wird noch einen Schritt weitergehen und sich dafür entscheiden müssen, daß sowohl die frühere Annahme von der Bewegung des Himmels als auch die spätere von der Bewegung der Erde, jede in ihrer Einseitigkeit unhaltbar ist, und daß man eigentlich bloß sprechen kann von Veränderungen der Lage zwischen Himmel und Erde. Die ptolemäische These und die kopernikanische Antithese wären damit in eine Synthese aufgegangen. Wenn nicht alle Anzeichen trügen, treibt die geschichtliche Entwicklung zu dieser Vereinigung der beiden einander bisher so feindlichen Bewegungslehren des Ptolemäus und des Kopernikus hin.“

Ob wir wirklich noch das Schauspiel erleben werden: „Ptolemäus und Kopernikus: In den Armen liegen sich beide und weinen vor Schmerzen und Freude?“ Mit welchem Maße schlechten Gewissens dann der Schulmeister, der millionenmal an Stelle der „scheinbaren“ Bewegungen die Tyrannis der „wirklichen“ gesetzt hatte, sich als „Dritten im Bunde“ einstellen würde, werde ein andermal ausgemalt. Aber selbst wenn hier ein Fortschritt der Didaktik in der Richtung des „Die Wissenschaft muß umkehren“ sich nicht sobald vollziehen sollte, wird das Buch dem Lehrer vor allem eine Fundgrube neuer geistreicher Beispiele zur Belebung der alten von der stromaufwärtsschwimmenden Brücke u. dgl. m. sein. Gesunder Takt wird ihn davor bewahren, den Schüler zu einem Maße von Skepsis zu verleiten, wie es die von Neisser (S. 44, Anm.) doch wohl mit Unrecht ernst genommene Stelle einschließt: „Ein so namhafter englischer Physiker wie Prof. John Perry bemerkt in seiner lehrreichen kleinen Schrift über Drehkreisel (übersetzt von Walzel 1904, S. 92): „Es ist eine sehr unwahrscheinliche und ziemlich widersinnig klingende Hypothese, daß die Sterne nur durch Reflexion an den Grenzen des Äthers hervorgerufene Spiegelbilder unserer eigenen Sonne seien, aber es scheint, daß ihr weder durch eine Tatsache der Spektralanalyse noch durch irgend eine wahrscheinliche Theorie von der Zusammensetzung des den Weltenraum erfüllenden Äthers widersprochen wird.“ *A. Höfler.*

Elementare kosmische Betrachtungen über das Sonnensystem und Widerlegung der von Kant und Laplace aufgestellten Hypothesen über dessen Entwicklungsgeschichte. Von Prof. Dr. Gustav Holzmüller. Leipzig, Teubner, 1906. 98 S. M 1,80.

Es ist der Untertitel „Widerlegung der von Kant und Laplace aufgestellten Hypothesen“, der dem Büchlein die Hauptmasse seiner Leser zuführen wird. Es seien daher auch die folgenden Schlußstellen an die Spitze gestellt: „Wenn .. S. Günther .. sagt:

[1]) „Studien zur gegenwärtigen Philosophie der Mechanik“, als Nachwort zu Kants Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft, 1900.

„„Der Grundgedanke, von welchem Kant und Laplace sich leiten ließen, ist nahezu durchaus als ein gesunder anerkannt worden, und er wird dies auch noch jetzt . .““, so sage ich [Holzmüller] dagegen: Die von Kant und Laplace aufgestellten Hypothesen über die Entwicklungsgeschichte des Sonnensystems sind für die Vergangenheit unmöglich und für die Zukunft im höchsten Grade unwahrscheinlich. Sie können nicht als ein Beitrag zur exakten Naturwissenschaft angesehen werden, sie sind vielmehr als unheilbar krank zu betrachten.“ Natürlich ist der Leser neugierig, was Holzmüller Positives an die Stelle setzt; er findet es in den Schlußbemerkungen: „Möglich ist es, daß eine Nebularhypothese bestehen bleibt, die etwa in der Mitte zwischen den Helmholtzschen und Ritterschen Ansichten steht. Aber ebenso möglich ist es, daß die Nebularhypothesen überhaupt verlassen werden, daß man auf die geahnte Gesetzmäßigkeit verzichtet und dem Zufall eine größere Rolle einräumt. Denn die Massenverteilung im Weltraum, wie man sie sich für die Zeit vor der Entstehung des Sonnensystems zu denken pflegt, muß doch wohl, wie auch bei Kant und Laplace, als eine zufällige angesehen werden. Man überlege zum Beispiel folgendes: Der mechanische Zustand jedes Weltkörpers in der Gegenwart ist eine Folge alles dessen, was von jeher auf ihn eingewirkt hat. Dieselben Kräfte, die jetzt an ihm arbeiten, haben wahrscheinlich von jeher an ihm gearbeitet und werden auch in Zukunft in ähnlicher Weise fortwirken. Hierher gehört z. B. das Aufstürzen von Meteorsteinen, denen er auf seinem Laufe begegnet ... Sogar der meteorische Staub, den man auf den Eis- und Schneefeldern des Nordens beobachtet hat, wird in langen Perioden schließlich von Einfluß werden. Der so aufgefangene materielle Stoff ist der unscheinbare Weltbildner. — So spielt der sogen. Zufall eine allmächtige Rolle. Das menschliche Bedürfnis, einfaches logisches Gesetz und zweckmäßigen Plan in die Welt der Erscheinungen zu bringen, hat Männer wie Kant und seine Vorgänger verleitet, auf dem Wege spekulierender Phantasie ohne hinreichende Grundlage an Stelle der Zufallserscheinungen eine geordnete Welt zu setzen. Und selbst ein Mathematiker von der Bedeutung eines Laplace fiel diesem Bedürfnis zum Opfer.“

Es fällt mir nicht ein, die inhaltlichen Einzelheiten der hier bekämpften Kant-Laplaceschen Hypothese zu verteidigen[1]). Wohl aber mag mancher Leser mit mir den Eindruck haben, als befinde sich Holzmüller über die erkenntnistheoretischen und methodologischen Absichten seines eigenen Unternehmens mehrfach im Unklaren. Nicht als ob wir vor der bloßen Nennung des Wortes „Zufall“ einen *horror vacui* empfänden. Denn richtig analysiert, hat dieser Begriff seinen durchaus klaren, wenn auch negativen Inhalt, unbeschadet des unverbrüchlich giltigen Kausalgesetzes. Wie kann aber Holzmüller — mit vollem Recht — an dieses Kausalgesetz mit den angeführten Worten appellieren: „Der mechanische Zustand jedes Weltkörpers in der Gegenwart ist eine Folge alles dessen, was von jeher auf ihn eingewirkt hat“ — und dabei nicht merken, daß ja auch Kant und Laplace nichts anderes gewollt haben, als aus dem gegenwärtigen Zustand des Sonnensystems auf den vorausgegangenen schließen? Freilich, wenn es Seite 93 heißt: „Ein Weltkörper komme aus großer Entfernung in den Anziehungsbereich der Sonne“, so fragt sich wohl auch schon der Nichtmathematiker, ob sich denn dieser „Bereich“ nicht ins Unendliche erstrecke? Aber mit diesem Unendlichen nimmt es der Verfasser überhaupt nicht genau; so lesen wir S. 96, daß „das Weltall nach unserer üblichen Auffassung unendlich groß ist. Aber kommen würde der Schlußzustand (gemäß dem zweiten Hauptsatz) schließlich [= endlich?] doch“.

Wie wir hier eine Logik im höheren Sinne vermissen, so auch im vorausgegangenen Teile vielfach die logische Strenge in der Darstellung anerkannter Begriffe und Gesetze. Nur wenige Beispiele, die ganz in den Interessenkreis des elementaren Physikunterrichtes fallen. S. 12 heißt es: „Also ist Newtons Gesetz folgendermaßen zu verstehen: Zwei kugelförmige homogene Massen ziehen einander an mit einer Kraft, die proportional dem Produkte ihrer Massen und umgekehrt proportional dem Quadrate der gegenseitigen Entfernung ihrer Mittelpunkte ist.“ Wie soll ein Schüler aus dieser Formulierung ahnen, daß das Newtonsche Gesetz ein Elementengesetz ist, aus dem sich der Satz über die homogenen Kugeln erst als eine der zahllosen mathematischen Konsequenzen ergibt? — Auf S. 14 heißt es, „man“ habe

[1]) Im Gegenteil vermisse ich z. B. eine Erwähnung der Arbeiten von Moulton (1900, 1905), dessen Aufsturz- und Spiralnebeltheorie sich auch den Kant-Laplaceschen entgegenstellt; freilich keineswegs ihre Grundgedanken völlig aufgebend, sondern nur ihre nähere Ausgestaltung in Frage stellend und durch Bekannteres ersetzend.

das spezifische Gewicht der Erde, wie die Lehrbücher zeigen, etwa als 5,6 bestimmt . . (Besser als vom spezifischen Gewicht spricht man von der spezifischen Masse.) Dann aber heißt es S. 61 wieder, es sei die spezifische Dichte 5,56. Oder Seite 77 „Die Saturnringe sind bekanntlich durchsichtig, *also* Scharen von getrennten Körpern“[1]). Und dasselbe „also“ noch einmal S. 81. Sind also alle durchsichtigen Körper ‚Scharen von getrennten Körpern‘? — müßte der Anfänger fragen.

Nun kann sich Herr Holzmüller auf den ersten Satz seines Vorwortes berufen: „Den Inhalt mehrerer Vorträge, die ich in einigen Vereinen deutscher Ingenieure und im naturwissenschaftlichen Vereine zu Krefeld gehalten habe, lege ich hiermit einem größeren Leserkreise vor. Größere mathematische Vorkenntnisse sind nicht unbedingt erforderlich, wohl aber ist einige Übung auf dem Gebiete der Gymnasialmathematik erwünscht.“

[1]) Es ist übrigens nicht nur der logische Schluß, sondern auch der astronomische Tatbestand falsch: Nur der Florring ist durchsichtig, die anderen, und zwar gerade die hellen, sind nicht durchsichtig. — Und gleich noch nebenbei bemerkt: Auf derselben Seite 77, wo Holzmüller zur Maxwellschen Theorie von den getrennten Körpern des Saturnringes sich bekennt, lesen wir wenige Zeilen früher: „Hätte Kant es verstanden, mit Newtonschen Grundsätzen zu arbeiten, so würde er nicht vorschnell über unendlich viele Massenpunkte abgeurteilt haben, während die ehrliche Mathematik schon bei drei Punkten zu scheitern erklärt.“ Ja, sind denn die „getrennten Körper“ des Saturnringes weniger als drei? Und wie kann man es denn ein Scheitern der ehrlichen Mathematik nennen, wenn sie für die Differentialgleichungen des Dreikörperproblems zwar keine geschlossenen Lösungen, aber konvergente Reihen entwickelt, mit denen die ganze Störungstheorie arbeitet? Wenn alles nur „eine naturphilosophische Plauderei“ (S. 74) wäre, was wie Kants erster kühner Entwurf zuerst die qualitativen Ansätze zu einer Hypothese gibt, der dann die mathematische Ausgestaltung Schritt für Schritt folgt, so wäre das typische Verfahren der rechnenden Astronomie ebenfalls verurteilt. Denn immer wird hier ein erster Entwurf gegeben (z. B. die reinen Kreise des Hipparch und des Kopernikus), dann werden die „Ungleichheiten“ durch Zusatzglieder verbessert (z. B. Keplers Ellipsen), diese wieder verbessert (z. B. durch die Störungsglieder bei jedem Planeten mit einem oder mehreren Monden) u. s. f.

Also für das Auge des Schülers selbst ist das Büchlein nicht bestimmt; ja Holzmüller fühlt sich allenthalben in einem deutlichen Gegensatz gegen „die Lehrbücher“, denen er ohne Einschränkung dieser Generalisierung alle möglichen Unrichtigkeiten nachsagt. Wir fürchten aber, daß durch eine solche halbpopuläre, immerhin mit gehäuften, mathematischen Formeln prunkende Darstellung das oberste „allgemeinbildende“ Ziel, das alle Physik und Mathematik neben der bloßen Wissenserweiterung anstrebt, nämlich ein klares logisches Denken, nur leiden könne. Sollen diese für die wirklichen oder auch nur angeblich erreichten Ziele des „formal logisch“ schulenden Sprachunterrichts konkurrenzfähig bleiben oder werden, so müssen sie sich ein fortwährendes Stolpern über logische Unebenheiten schlechterdings abgewöhnen. Eine solche ist gleich wieder der nächste Satz des Vorwortes Holzmüllers: „Versuche . ., das Newtonsche Gesetz als die Ursache der elliptischen Bahnform hinzustellen . . .“ Seit wann ist ein Gesetz eine Ursache? — Bei diesem seinen fast völligen Mangel an Schulung in logisch-erkenntnistheoretischen Dingen steht es dem Verfasser schlecht an, sich gegen Kant Sätze wie die folgenden zu leisten (S. 74): „Das Ganze ist eine naturphilosopische Plauderei, bei der Kant sich eigentlich recht wenig auf die mathematisch-mechanische Autorität Newtons berufen kann, und bei der ihn sein berühmter Kritizismus stark im Stiche läßt. Worte stellen sich ein, wo Begriffe fehlen.“ Wieder ganz nebenbei bemerkt, datiert Kants „Kritizismus“ von 1781, die hier kritisierte Schrift von 1755. Aber nicht nur mit der Geschichte der Philosophie, sondern auch mit der Geschichte der Astronomie nimmt es Holzmüller nicht genau, denn wir lesen Seite 77: „Daß die Uranusmonde nicht rechtläufig sind, sondern mit ihrer (?) Ekliptik einen Neigungswinkel von 98° besitzen, scheint Kant noch nicht gewußt zu haben; von den beiden Marsmonden konnte er das entsprechende noch nicht wissen.“ Aber die Uranusmonde wurden entdeckt von Herschel 1787, von Lassel 1851, die Marsmonde freilich gar erst 1877.

Herr Holzmüller liebt es, öfters autoritativ zu sprechen; z. B. Seite 78: „Die Reformvorschläge für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, die im Anschluß an die Meraner Naturforscher-Versammlung veröffentlicht sind, empfehlen die Behandlung der Kant-Laplaceschen Theorie. Ich bin entgegengesetzter Ansicht.“

Und gleich wieder auf der nächsten Seite zur Frage, ob „eine teilweise Entlehnung“ aus Kant bei Laplace vorliegt: „Ich glaube den Gedanken an eine solche doch ablehnen zu müssen“, ohne Angabe von Gründen. Auch der Kultus solchen Autoritätsgefühls könnte der „spezifischen Allgemeinbildung“, die wir dem realistischen Unterrichte zuschreiben, nur schaden. *A. Höfler.*

Theoretische Physik auf mechanischer Grundlage. Von Dr. Jakob Kunz, Privatdozent am Polytechnikum in Zürich. Mit 291 Abbildungen. Stuttgart, Ferdinand Enke, 1907. 492 S. Geb. M 12,—.

Die Absicht des Buches geht dahin, einen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Gebieten der Physik dadurch herzustellen, daß die Erklärung aller Vorgänge in der Natur auf die Prinzipien der Mechanik gegründet wird. Es werden zu dem Zweck neben der Mechanik die Thermodynamik und die Elektrodynamik (im weitesten Sinne) behandelt und der Zusammenhang der hier geltenden Grundgesetze mit denen der Mechanik dargetan. Hierbei kommen für die Wärme wie für die Elektrizität zyklische Koordinaten zur Verwendung. Den Schluß bildet die Herleitung der Strahlungsgesetze von Stefan und von Wien aus thermodynamischen Voraussetzungen unter Hinzunahme des Strahlungsdruckes. Von besonderem Interesse ist, daß der Verfasser in der Einleitung einen kleinen Abstecher auf das naturphilosophische Gebiet macht und das Bekenntnis ablegt, daß die von unserer Seele erzeugten unräumlichen Vorstellungen nichts mit einem Mechanismus zu tun haben, für den der Raum einen Grundbegriff bildet, und daß die Natur Einheit in einem „höchsten geistigen Prinzip“ sei; dieses umfasse aber auch alle Atome der Welt und schreibe ihnen ihre mathematisch geordneten Bahnen vor. *P.*

Lehrbuch der Physik. Zum Gebrauche bei akademischen Vorlesungen. Von H. A. Lorentz, Prof. an der Universität Leiden. Nach der 4. Auflage übersetzt von G. Siebert. II. Band. Mit 257 Abbild. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1907. 621 S. M 10,—; geb. M 11,—.

Dieser zweite Band besitzt dieselben Vorzüge wie der erste (ds. Ztschr. 20, 53); er bietet eine gedanklich fein durchgearbeitete Darstellung, in der mathematische Formeln zurücktreten. Er enthält die Lehre von den Schwingungen, vom Licht und von der Elektrizität. In letzterer wird bereits vielfach von der Hypothese der Elektronen Gebrauch gemacht, überdies ist ein besonderes Schlußkapitel den Erscheinungen gewidmet, die durch die Elektronentheorie erklärt werden können. Ein durch und durch modernes Buch! *P.*

Dr. J. Fricks Physikalische Technik oder Anleitung zu Experimentalvorträgen sowie zur Herstellung einfacher Demonstrationsapparate. Von Prof. Dr. O. Lehmann. II. Band, 1. Abteilung. Mit 1443 Abbildungen und 3 Tafeln. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn, 1907. 765 S. M 20,—; geb. M 22,—.

Diese dritte Abteilung des umfangreichen Werkes umfaßt die Kapitel über Elektrostatik, Galvanismus, Magnetismus und Induktion. Wiederum ist ein ungeheures Material in dieser Abteilung bewältigt und aufgespeichert, wobei die Literatur bis in das Jahr 1907 hinein benutzt ist. In der Vorrede spricht sich der Verfasser eingehend über die Schwierigkeiten aus, die dem Unterricht in der Physik durch die Mannigfaltigkeit der angewandten Maße und die Verwendung des Kilogramms sowohl als Kraft- wie als Masseneinheit bereitet werden. Das sogen. technische Maßsystem bezeichnet er nach dem Vorgang von F. Emde als Meter-Hyl-Sekundensystem; er selbst bevorzugt in seinem Unterricht ein neues System, das Meter-Kilogramm-Sekundensystem und stellt im vorliegenden Werk in der Regel die Formeln nach diesen beiden sowie nach dem absoluten Maßsystem nebeneinander. *P.*

Die wichtigsten Begriffe und Gesetze der Physik unter alleiniger Anwendung der gesetzlichen und der damit zusammenhängenden Maßeinheiten. Von Prof. Dr. O. Lehmann in Karlsruhe. Berlin, Julius Springer, 1907. 58 S. M 1,—.

Der Verfasser hat angesichts der Schwierigkeit, das technische und absolute Maßsystem nebeneinander im Unterricht zu gebrauchen, ein Maßsystem eingeführt, das den Vorzug hat, sich streng an die gesetzlichen Einheiten zu halten: 1 m für die Länge, 1 kg für die Masse, 1 Sek. für die Zeit. Daraus ergibt sich als Krafteinheit die Dezimegadyne (= 10^5 Dynen oder 1 g Kilogramm), d. h. die Kraft, die der Masse 1 kg den Geschwindigkeitszuwachs 1 m/sec in der Sekunde erteilt. Die Arbeitseinheit wird dann = 10^7 Erg oder gleich 1 Joule, die Einheit der Leistung 1 Watt. Der Gebrauch dieses Systems hat sich dem Verf. so bewährt, daß er es dringend empfiehlt, um den Unterricht durch Beseitigung von Überflüssigem fruchtbarer zu gestalten. Das Schriftchen stellt die Grundbegriffe und Gesetze der Physik

nebst ihren Formeln und Dimensionen übersichtlich zusammen und bietet damit zunächst den Zuhörern des Verfassers nach diesem System ein bequemes Orientierungsmittel. *P.*

Leitfaden der Physik: Unterstufe. Von Prof. Dr. Adolf Kadesch. Mit 283 Fig. im Text. Wiesbaden, J. F. Bergmann, 1907. 166 S. M 1,80.

Der Verfasser, an der Oberrealschule zu Wiesbaden tätig, hat mit diesem Leitfaden ein Hilfsmittel für die Erzielung recht klarer Anschauungen und Begriffe schaffen wollen. So sehr dieses Bestreben Anerkennung verdient, so muß doch andererseits gesagt werden, daß die Darstellung noch zu stark von der älteren mathematischen Richtung des Physikunterrichts beeinflußt ist. Dies zeigt sich nicht nur in der oft zu formalistischen Art des Definierens, sondern mehr noch in der Neigung zur deduktiven Behandlung; so ist, wo das gleichschnelle Fallen aller Körper im leeren Raume (S. 12) oder das Gesetz des freien Falles (S. 42) besprochen wird, von Versuchen überhaupt nicht die Rede. Im einzelnen dürfte manches noch der Revision bedürfen. So kann man die Anziehungskraft zwischen einem Körper und der Erde nicht Schwerkraft des Körpers nennen (S. 11). — Auf S. 14 stehen unmittelbar hintereinander die beiden Sätze: „1. Wirken zwei oder mehrere Kräfte so an einem Körper, daß sie einander gegenseitig aufheben, so sagt man, die Kräfte seien im Gleichgewicht." „2. Wenn eine Kraft eine ihr gleiche Gegenkraft an jeder Stelle einer in der Richtung der Kraft gelegenen Wegstrecke aufhebt, so leistet sie eine Arbeit." — „Bei jeder (?) Zentralbewegung ist eine Zentrifugalkraft in der Richtung vom Zentrum weg wirksam." — An einem galvanischen Element den + Pol als Anode, den — Pol als Kathode zu bezeichnen, ist ungewöhnlich und verwirrend.

Mit Recht hat der Verfasser schwierigere Dinge wie Ätherhypothese, Kraftlinientheorie, absolutes Maßsystem, Energiebegriff von der Unterstufe ausgeschlossen. Wegfallen könnte auch die Definition der Masseneinheit als einer Masse von 10 kg Gewicht (S. 12). Auch die Einbeziehung von Fernrohren und Mikroskopen geht wohl schon zu weit. In der Elektrik werden auch die Induktionsgesetze und ihre Anwendung auf die Strommaschinen besprochen. Auf diesem Gebiet hat der Verfasser sich schon früher durch Veröffentlichungen bekannt gemacht. Er bedient sich zur Erläuterung der in Betracht kommenden Wirkungen der hypothetischen Ampèreschen Kreisströme; nach meiner Erfahrung empfiehlt es sich mehr, die Analogie zwischen Magneten und Solenoiden zu benutzen, da diese unabhängig von jeder Hypothese einen rein tatsächlichen Charakter trägt. *P.*

Physikalische Aufgabensammlung mit den Resultaten. Von G. Mahler, Leipzig 1905. Sammlung Göschen. Geb. M —,80.

Das Büchlein ist dazu bestimmt, der Einübung der rechnenden Schulphysik zu dienen. Es enthält unter 582 Nummern neben ganz einfachen Wiederholungsfragen mehr oder minder schwierige Aufgaben aus allen Teilen der Physik, so auch über das Trägheitsmoment, die Dampfmaschine mit Expansion und das elektrische Potential. Daß in der ersten Auflage solcher Sammlung gelegentlich ungeschickte oder zweideutige Fragestellungen (in 117, 124, 167, 219, 244, 252, 274, 306, 382, 537, 567), sogar zu viel (in 109) oder zu wenig Bedingungen (in 141) in den Aufgaben sich finden, ist fast selbstverständlich. In den Ergebnissen sind bei den Stichproben gröbere Versehen nicht zutage getreten, wohl aber fällt auf, daß die Lösungen vielfach nur in bestimmten Zahlen, nicht aber in allgemeinen Formeln angegeben sind. Unklar ist mir, warum in 71—74 und 77 die Reibungszahl ϱ nicht gleich tg ε gesetzt und das Ergebnis von 83 nicht durch einen Hilfswinkel geschickter gemacht worden ist. Die Lösungen von 89 und 323 erscheinen gekünstelt; in 109 ergibt sich kürzer tg $\alpha = \frac{v^2}{rg}$; der kleinste scheinbare Sonnendurchmesser (290) ist gleich 31′ 29″; die Frage in 337 kann wegen des Astigmatismus der an einer Kegelfläche gespiegelten Strahlen angefochten werden; das mechanische Wärmeäquivalent wird jetzt zu 427 mkg angenommen. Von Kleinigkeiten der erwähnten Art abgesehen, erscheint das Büchlein wegen seiner Reichhaltigkeit, zumal bei seinem niedrigen Preise durchaus geeignet, seinen Zweck zu erfüllen. *P. Johannesson.*

Physikalische Formelsammlung. Von G. Mahler. Mit 65 Figuren. Dritte, verbesserte Auflage. Leipzig 1906. Sammlung Göschen. Geb. M —,80.

Das Büchlein bietet eine Zusammenstellung und Herleitung der Formeln, welche zur Lösung der physikalischen Schulaufgaben gebraucht werden. Die Darstellung ist knapp und klar und entbehrt nur gelegentlich der vollen Sorgfalt. Freilich ließen sich manche Rechnungen, z. B. über die Vergrößerung des Mikroskops, die Wheatstonesche Brücke und die Kompensationsmethode zur Messung elek-

tromotorischer Kräfte, wesentlich vereinfachen; zugleich werden die Verwendung der relativen und der absoluten Dichte neben dem spezifischen Gewicht, die Anweisung für die Berechnung der chromatischen Tonleiter (nach Aristoxenes), die Begriffsbestimmung der spezifischen Wärme und der Wärmekapazität nicht die allgemeine Zustimmung finden; auch enthält das Buch nichts über Schwebungen, Kombinationstöne, die Dampfmaschine, die Bestimmung der Feuchtigkeit und der Horizontalstärke des Erdmagnetismus, während es doch für das Trägheitsmoment 10 Beispiele gibt; gleichwohl läßt das Nötigwerden einer 3. Auflage erkennen, daß für solche Formelsammlung ein Bedürfnis vorliegt.

P. Johannesson.

Die elektrische Telegraphie. Von Dr. Werner von Siemens. Zweite erweiterte Auflage von Dr. L. Graetz. Berlin, Konrad W. Mecklenburg (vorm. Richter), 1906. VII u. 77 S. Geh. M 1,20, eleg. geb. M 1,50.

Eine so klare und übersichtliche und dabei kurze Schilderung der elektrischen Telegraphie, wie sie Werner Siemens in seiner kleinen Schrift 1866 gegeben, nun auch in einer der Gegenwart Rechnung tragenden Form erscheinen zu lassen, ist ein der Zustimmung sicheres Unternehmen, zumal es dem Herausgeber trefflich gelungen ist, in seinen Ergänzungen den Ton des alten Originals zu treffen. Allerdings ist dabei das Versehen untergelaufen, daß, wie leider auch anderwärts, die wichtige Erfindung des „Dreitastenlochers“ für Schnelltelegraphen zu Unrecht Wheatstone zugeschrieben wird, während dieselbe von Siemens herrührt (Wissenschaftl. u. techn. Arbeiten **2**, 80 und Abb. S. 89) und dieser selbst sie ausdrücklich (Lebenserinnerungen S. 173) für sich in Anspruch genommen hat. Ob es nicht doch angebracht gewesen wäre, die Zusätze durch [] zu kennzeichnen, darüber läßt sich streiten; sicherlich aber hätte die Schrift durch Einfügung der Zeitangaben für die aufgeführten Erfindungen noch wesentlich an Wert gewonnen. *W. Biegon von Czudnochowski.*

Herstellung und Instandhaltung elektrischer Licht- und Kraftanlagen. Unter Mitwirkung von Dr. C. Michalke verfaßt und herausgegeben von S. Frhr. v. Gaisberg. 3. Aufl. Berlin, J. Springer, 1907. XII u. 134 S., 54 Abb. Geb. M 2,40.

Die vorliegende kleine Schrift gibt kurz und klar eine Erörterung der Herstellung und Instandhaltung namentlich kleinerer elektrischer Anlagen unter besonderer Berücksichtigung solcher, die an Netze von Zentralstationen angeschlossen sind, verbunden mit kurzer Besprechung der in Frage kommenden Apparate, und ist allen den Lesern dieser Zeitschrift zu empfehlen, welche entweder schon eine solche Anlage zur Verfügung haben oder eine solche einzurichten beabsichtigen.

W. Biegon von Czudnochowski.

Das Problem der Schwingungserzeugung, mit besonderer Berücksichtigung schneller elektrischer Schwingungen. Von H. Barkhausen. Leipzig, S. Hirzel, 1907. IV u. 113 S., 47 Abb. M 4,—.

Diese ursprünglich als Dissertation erschienene Schrift enthält eine exakte Diskussion des Problems der Schwingungserregung unter allgemeinen Gesichtspunkten sowie des Theoretischen und Experimentellen aller wichtigeren Einzelfälle; nach einer kurzen Einleitung werden zunächst die elektrischen (§ 3÷47), dann die mechanischen Schwingungen (§ 48÷58) behandelt. Das kleine Buch sei angelegentlich der Beachtung empfohlen. *W. Biegon von Czudnochowski.*

Elektrotechnische Meßkunde. Von Arthur Linker, Ingenieur. Berlin, J. Springer, 1906. VIII u. 442 S., 385 Abb. im Text. Preis geb. M 10,—.

Das vorliegende Werk soll ein Hand- und Nachschlagebuch für Laboratoriumsübungen wie für die Praxis bilden. Der Verf. gibt zu diesem Zweck eine Zusammenstellung zahlreicher Meßverfahren in folgenden Abschnitten: Elektrische Meßmethoden (S. 9÷138), magnetische Meßmethoden (S. 140 bis 192), Messungen an Gleichstrommaschinen (S. 195÷258), Messungen an Wechselstrommaschinen (S. 265÷401), Photometrie (S. 408 bis 437), woran sich noch ein Literaturnachweis und ein kurzes Sachregister schließt. Als vollständig kann die Sammlung nicht bezeichnet werden; so fehlen z. B. gänzlich Messungen betr. elektrische Schwingungen und Wellen, Methoden zur Bestimmung des Temperaturkoeffizienten für den Widerstand, Angaben über die Verwendung der Braunschen Röhre zu Kurvenaufnahmen; sehr knapp behandelt sind die Wechselstromkommutatormotoren (S. 349) und die Oszillographen (S. 398). Die Darstellung ist im ganzen klar und übersichtlich, die Figuren, meist Schaltungsschemata, zweckmäßig und verständlich; vorausgesetzt werden dabei die Grundlagen der höheren Mathematik und die Kenntnis der Meßinstrumente. Von den Bezeichnungen der Formelgrößen erscheinen dem Ref. einige

nicht vorteilhaft gewählt. Trotz der gemachten Ausstellungen ist das vorliegende Werk als eine vielfach brauchbare Bereicherung unserer technischen Literatur zu bezeichnen.

W. Biegon von Czudnochowski.

Physikalisch-chemische Übungen. Von Dr. W. A. Roth, a. o. Prof. in Greifswald. Mit 44 Abbild. Hamburg und Leipzig, L. Voß, 1907. 174 S. Geb. M 5,—.

Das Buch ist in erster Linie für Anfänger im physikalisch-chemischen Arbeiten bestimmt und hat als solches neben den umfangreicheren Büchern von Ostwald-Luther, Kohlrausch, Wiedemann-Ebert nach Inhalt und Behandlung durchaus seine Berechtigung. Es berücksichtigt alle wichtigeren Arbeitsgebiete der neueren physikalischen Chemie. Nachdem in einer Einleitung zweckmäßige Anweisungen über vereinfachtes Rechnen, Fehlerrechnung, Interpolation, Genauigkeit, über Wägungen, über Messungen am Thermo- und Barometer u. a. gegeben sind, wird der Stoff in die Hauptabschnitte: Dichtebestimmung, Molekulargewichtsbestimmung in Lösungen, Thermochemie, Bestimmung optischer Konstanten, Chemische Statik und Kinetik, Elektrochemie gegliedert; letztere umfaßt als Unterabteilungen: Grundlagen, Elektrisches Leitvermögen, Faradaysches Gesetz und Überführungszahl, Messung von Potentialdifferenzen, Elektrostatik. Diese Aufzählung gibt jedoch nur einen unvollkommenen Begriff von der außerordentlichen Reichhaltigkeit des Inhalts. Besonders wertvoll erscheint Ref. die verhältnismäßig eingehendere Behandlung der Thermochemie. Die thermochemischen Erscheinungen sind zumal für den Mittelschulunterricht von großer Wichtigkeit, werden allerdings in diesem noch bei weitem nicht in dem Maße berücksichtigt, wie sie es verdienen. Es bleibt dabei nur zu bedauern, daß die Laboratoriumstechnik der Universitäten noch nicht so weit ausgebildet ist, um einige Versuche über die direkte Messung der Bildungswärme wichtiger binärer Verbindungen in den Zyklus der praktischen Übungen mit aufzunehmen. Für den Mittelschulunterricht würden derartige Versuche von besonderem Werte sein. Daß das Buch in jeder Beziehung auf modernem Standpunkt steht und die neuesten einschlägigen Ergebnisse berücksichtigt, sei noch besonders hervorgehoben. In einem „Anhange" sind bereits die radioaktiven Stoffe in den Kreis der Messungen gezogen. Das Buch ist zur Einführung in die physikalisch-chemischen Übungen vorzüglich geeignet. *O.*

Leitfaden der bautechnischen Chemie. Von Prof. M. Girndt, Oberlehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg. Mit 34 Fig. Leipzig u. Berlin, B. G. Teubner, 1906. 60 S. M 1,20.

Das Büchlein will nur das geben, was sich für die Baugewerkschulen und verwandte bautechnische Lehranstalten als unbedingt notwendiger chemischer Lehrstoff herausgestellt hat. Es verzichtet daher auf genauere theoretische Erörterungen, benutzt aber gleichwohl die chemische Formelsprache, indem es vom Begriff des Atoms und nicht vom Gewichtsgesetz ausgeht. Der Stoff erscheint sachgemäß ausgewählt und zweckentsprechend behandelt. Es kann auffallen, daß beim Kalk die erste wichtige Operation, das Brennen des Kalksteins, durch nichts als durch eine Gleichung wiedergegeben ist, doch ist andererseits die Bereitung des Mörtels und dessen weiteres chemisches Schicksal eingehend behandelt. Das Calcium gehört übrigens nicht mehr zu den Metallen, die „schwer darzustellen" sind, auch ist die Angabe für das Gewicht eines Liters Luft „ca. 1 g", welche Angabe beim Stickstoff wiederkehrt, doch zu ungenau. Im übrigen entspricht das Buch ganz den Zielen, die es sich gesteckt hat, und wird in den beteiligten Kreisen Beifall finden. *O.*

Programm-Abhandlungen.

Zur Gestaltung des Unterrichts in der mathematischen Himmelskunde. Von Prof. Dr. Bernhard Hoffmann. Kgl. Gymnasium zu Bromberg, 1907. Pr. Nr. 195. 18 S. und 4 Tafeln.

Der Verfasser gibt aus einem reichen Schatz von Erfahrungen Anleitung zu einer exakten und beobachtungsmäßigen Grundlegung der Himmelskunde. Als Beobachtungsinstrument empfiehlt er ein kleines Reiseuniversal (Nr. 70) von Hildebrand in Freiburg i. B., dessen Nonien eigens, den benutzten Logarithmentafeln entsprechend, zentesimal geteilt sind. Er verwendet das Instrument zunächst zur Beobachtung von Sonnenhöhen sowie zur Feststellung der Meridianebene. Unter Zuhilfenahme einer Uhr und einer photographischen Kamera wird darauf die Drehungsdauer des Fixsternhimmels gemessen und die Ortsbestimmung am Himmelsgewölbe eingeübt; womöglich unter Benutzung einer Sternzeituhr wird der Sonnenlauf verfolgt. Die ungleiche Größe des Sonnendurchmessers

wird photographisch ermittelt und daran die Betrachtung der Gestalt der Erdbahn angeschlossen. Es folgt dann die Behandlung der Zeitgleichung und die Bestimmung der mittleren Zeit aus einer beobachteten Sonnenhöhe oder einer gemessenen Sternhöhe oder aus den Verfinsterungen der Jupitermonde. Bezüglich der Bewegung von Mond und Planeten verweist der Verf. auf die Arbeiten von Koppe und Schülke. *P.*

Die Bedeutung der Farbenblindheit für die Schule. Von Prof. Dr. Paul Hoffmann. König Wilhelms-Schule (R.-G.) zu Reichenbach i. Schl. Pr. Nr. 269. 39 S.

Die Schrift will hauptsächlich dazu Anregung geben, daß mehr als bisher auf das Vorkommen von Farbenblindheit bei Schülern geachtet wird, namentlich auch im Hinblick auf die künftige Wahl des Berufs. Der Verfasser bespricht die Hilfsmittel für die Untersuchung und die Art ihrer Anwendung und teilt dann die Ergebnisse seiner Untersuchungen mit. Er fand unter 1297 männlichen Personen 1,70 % Farbenblinde, unter 1050 weiblichen Personen keine einzige. Er empfiehlt die Herausgabe für Schulzwecke geeigneter Farbentafeln, die den Schulen auf dienstlichem Wege zur Untersuchung auf Farbenblindheit zu übergeben wären. *P.*

Wärme und Energie von Kondensatorfunken. Von Wilhelm Stuff, Kgl. Gymnasium Theodorianum zu Paderborn, Ostern 1907. Pr. Nr. 440. 23 S. und 1 Tafel.

Die Abhandlung ist eine Dissertation, die auf Veranlassung von Prof. A. Heydweiller ausgeführt wurde. Das interessante Hauptergebnis der Arbeit ist, daß der unmittelbar als Wärme auftretende Teil der Funkenenergie bei kleinen Leitungswiderständen im Schließungsbogen etwa nur $^1/_3$ der Gesamtenergie des Funkens ist, aber mit zunehmendem Widerstand wächst und bei Widerständen von einigen Megohm die Gesamtenergie nahezu erreicht. *P.*

Mitteilungen aus Werkstätten.

Elektrische Meßapparate.

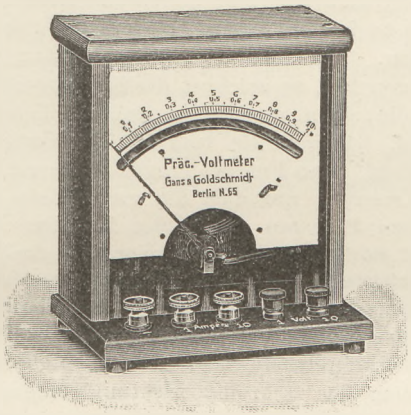
Von Gans und Goldschmidt in Berlin N 65.

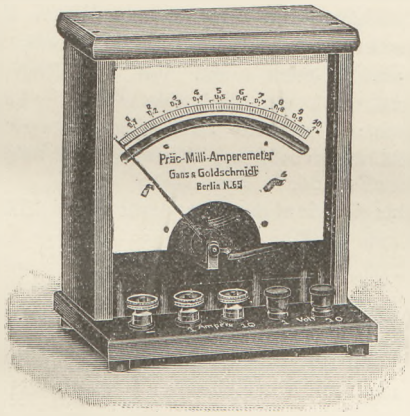
Gelegentlich der Ausstellung des letzten naturwissenschaftlichen Ferien-Kursus in der Alten Urania zu Berlin wurden die nachstehend beschriebenen drei Instrumente, die nach Angaben des Herrn Prof. H. Hahn eigens für die praktischen Schülerübungen angefertigt waren, zum ersten Male gezeigt und fanden großen Beifall. Diese Instrumente sind:

1. ein aperiodisches Präzisions-Voltmeter in Standgehäuse mit spiegelunterlegter 100teiliger Skala;
2. ein Amperemeter gleicher Ausführung;
3. ein kombiniertes Präzisions-Volt-Amperemeter.

Die Einschaltung der beiden ersten Apparate (s. Fig.) gestattet die gleichzeitige Strom- und Spannungsmessung, während der letztere beide Messungen nacheinander auszuführen ermöglicht. Obgleich der Preis der getrennten Instrumente schon sehr gering ist (je 40 M), so wurde der kombinierte Apparat (50 M) konstruiert, um denjenigen Lehranstalten, die zurzeit noch nicht über genügende Mittel verfügen, die Anschaffung zu ermöglichen. Die Apparate sind für die Meßbereiche 0—1 und 0—10 Volt sowie 0—1 und 0—10 Ampere aufs genaueste geeicht. Es entspricht somit ein Teilstrich 0,01 bzw. 0,1 Volt bzw. Ampere. Da die Zeigerspitzen scharf schneidenartig ausgebildet und spiegelunterlegt sind, so sind parallaktische Fehler leicht zu vermeiden, und kann $^1/_5$ jedes Skalenteiles noch gut geschätzt werden. Die Wicklungen der Drehspulen sind so gewählt, daß die Instrumente sehr geringen Selbstverbrauch haben. Das Voltmeter hat bei dem Meßbereich 0—1 Volt 200 Ohm Widerstand, bei 0—10 Volt 2000 Ohm, mithin kann das Voltmeter auch als Milliamperemeter gebraucht werden, da es beim Endausschlag $\frac{1 \text{ Volt}}{200 \text{ Ohm}} = 0{,}005$ Amp., somit für 1 Teilstrich der 100teiligen Skala 0,00005 Amp. Stromverbrauch hat. Das Amperemeter hat bei dem Meßbereich 0—1 Amp. 0,2 Ohm und bei 0—10 Amp. nur 0,02 Ohm Widerstand. Das Drehspulensystem ist infolge der entsprechend geformten Skala gut sichtbar. Man kann den dreifach lamellierten Ringmagneten sehen, den Lager- und Haltewinkel für den Weicheisenkern mit darumschwingender Drehspule sowie deren Zuleitungsspiralen, die gleichzeitig als Richtfedern dienen; ferner ist die Skalenbefestigung sowie die Zeigereinstellvorrichtung und Achsenlagerung sichtbar. Alle wissenswerten Daten sind auf den Skalen aufgedruckt, wie die Bezeichnung der Empfindlichkeiten beim Endausschlag jeden Meßbereiches sowie für jeden Teilstrich, ferner der Widerstandswert für jeden Meßbereich.

Die Bezifferung der Einteilung erfolgt von 10 zu 10 Teilstrichen, so daß eine falsche Ablesung selbst für den Anfänger ausgeschlossen ist. An den Anschlußklemmen sind



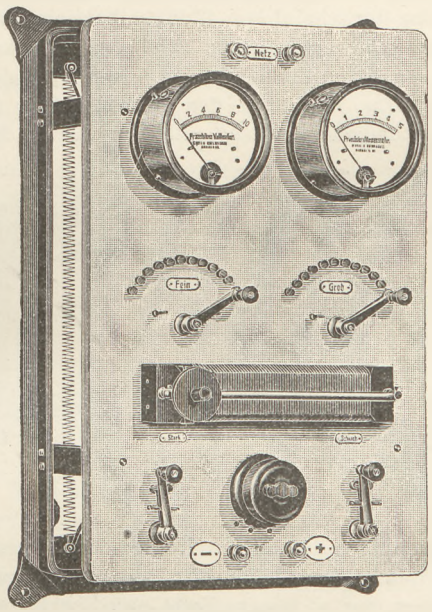


durch eingravierte Zahlen die Meßbereiche bezeichnet, so daß ein falscher Anschluß der Apparate unmöglich ist. Die Systeme sind außerdem so stabil gebaut, daß sie mehr wie die zehnfache Überlastung vorübergehend vertragen.

Neue Experimentier-Schalttafel.

Von Gebr. Ruhstrat in Göttingen.

Diese vervollkommnete Form der bereits in ds. Zeitschr. (18, 379) beschriebenen Schalttafel bietet die Möglichkeit, Stark- und Schwachstrom gleichzeitig auch mit beliebig veränderlicher Spannung dem Netz einer Zentrale entnehmen zu können. Die Stromstärke ist von 0 bis 20 Amp. variabel und läßt sich abwechselnd messen, ohne die Ströme zu unterbrechen; dasselbe gilt von der Messung der Spannung, die sich beim Schwachstrom sowie bei Abzweigungsstromstärken in weiten Grenzen verändern läßt. Das Instrument wird als Wandtableau (Figur), in pultförmiger Gestalt und in Tischform angefertigt. Der Preis beträgt bei 110 Volt 350 M, bzw. 380 und 385 M; bei 220 Volt erhöht sich der Preis



auf 380, bzw. 410 und 415 M. Gegen entsprechende Preiserhöhung wird die Tafel auch für maximal 30 Amp. geliefert.

Experimentier-Schalttafel.

Von Gebr. Raacke in Aachen

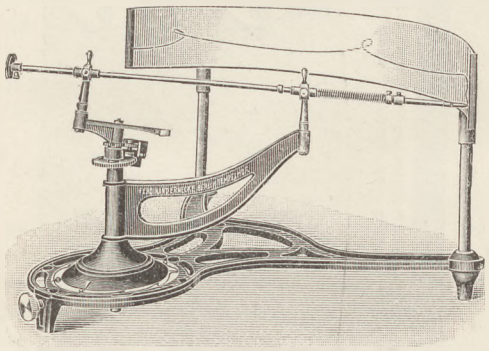
Die Schalttafel gestattet, elektrischen Starkstrom bis zu 250 Volt in allen beliebigen Spannungen von 0 bis 250 Volt und Stromstärken von 0 bis 40 Ampere anzuwenden. Gleichzeitig sind die angeschlossenen Apparate in weitgehendem Maße vor Schaden geschützt. Die hierzu gehörigen Instrumente und Schaltapparate sind besonders für den Schulgebrauch geeignet und außerdem übersichtlich und handlich angeordnet. Durch Umlegung eines einzigen Schalters kann die Tafel sofort zur Abnahme von Starkstrom oder von Schwachstrom umgeschaltet werden. Zwei in ihren Wirkungen kombinierbare Grob- bzw. Fein-Regulier-Kurbeln ermöglichen eine 800fache Abstufung von Stromstärke und Spannung. Kann die Tafel an ein Dreileiter-Gleichstrom-Netz angeschlossen werden, so ist eine 1600fache Regulierung möglich. Je ein Strom- bzw. Spannungsmesser läßt die elektrischen Werte mittels großer deutlicher Skalen weithin erkennen.

Die gesetzlich geschützte Schalttafel wird je nach Ausstattung zum Preis von ca. M 300,— und mehr geliefert.

Helikograph nach Fricke.

Von Ferd. Ernecke in Berlin-Tempelhof.

Der Helikograph dient zur Veranschaulichung der scheinbaren Planetenbahnen. Zwei Planeten bewegen sich auf zwei konzentrischen Kreisen, deren Ebenen gegeneinander geneigt sind. Das Verhältnis der Umlaufszeiten ist 1 : 10; dementsprechend sind die Radien der



Bahnen nach dem dritten Keplerschen Gesetze gewählt. Durch beide Planeten ist ein Draht geführt, der an einem Ende eine Schreibvorrichtung trägt. Diese wird mittels einer Feder gegen einen Papierstreifen gedrückt, der der Innenseite eines Zylindermantelstückes aufliegt und den Himmel darstellt. Man setzt das kleine Planetarium in Bewegung, indem man den äußeren Planeten an dem darauf befindlichen Stifte führt, bis die Schreibvorrichtung die Seitenkante des Zylindermantels berührt; dann zieht man die Schreibvorrichtung etwas zurück und bringt sie auf den Papierstreifen. Setzt man nun die Bewegung des Planeten fort, so zeichnet die Schreibvorrichtung die scheinbare Bahn des äußeren Planeten so auf, wie man sie vom inneren Planeten aus sieht. Den Fuß des Planetariums umgibt ein Kreisring, auf dem die ganze Bahn des äußeren Planeten abgebildet ist. Der Fuß selber ist innerhalb des Kreisringes drehbar und trägt eine Marke. Stellt man diese Marke auf eine der Schleifenformen des Kreisringes ein, so zeichnet der Apparat diese Schleife, die vorhergehende und die nachfolgende. An dem der Schreibvorrichtung entgegengesetzten Ende des die Planeten durchdringenden Drahtes kann man die scheinbare Bahn des inneren Planeten beobachten, wie man sie vom äußeren sieht. Die Schleifen sind so groß, daß ein Aufschreiben überflüssig erscheint; es ist aber auch wegen der großen Ausschläge nicht in so einfacher Weise möglich wie beim äußeren Planeten.

Das Gewicht des Apparats ist ca. 3,5 kg, der Preis 95 M.

Korrespondenz.

Wir erhalten von Herrn Regierungsrat J. Dechant in Wien folgende Zuschrift: „Zum Nachweise der Proportionalität zwischen der Stärke eines Stromes und der Stärke seines Magnetfeldes.“

Ich habe über diesen Gegenstand in dieser Zeitschrift (20, 316) eine kurze Mitteilung veröffentlicht, die nunmehr von Herrn Grimsehl einer Kritik unterzogen wird (20, 379).

Herr Grimsehl meint, meine Versuchsanordnung über die Stromteilung zu vereinfachen, indem er die von mir verwendeten Verzweigungswiderstände à 5 Ohm für überflüssig erklärt. Dagegen muß ich vom experimentellen Standpunkte Verwahrung einlegen. Denn wenn man eine Stromteilung mit nur geringen Widerständen vornähme, so müßte eine sorgfältige Abgleichung derselben stattfinden, um nur einigermaßen eine Gleichheit der Zweigströme zu erzielen. Eine geringe Ungleichheit der Widerstände würde bereits eine merkliche Verschiedenheit in den Stromstärken bewirken. Hätten z. B. die Verbindungskabel nur Widerstände von 0,19 und 0,21 Ohm, so könnte das Verhältnis $^{21}/_{19}$ nicht mehr als 1 und die Stromstärken nicht mehr als gleich angenommen werden, während $^{521}/_{519}$ noch mit hinreichender Genauigkeit $= 1$ gesetzt werden darf. Die geringere Empfindlichkeit größerer Zweigwiderstände gegenüber schwer zu vermeidenden Ungleichheiten derselben ist also die Ursache ihrer Verwendung bei diesem und ähnlichen Versuchen über Stromteilung.

Daß zwei hintereinander geschaltete, sich deckende Stromkreise dieselbe Wirkung ausüben wie ein Kreis, den ein Strom von doppelter Stärke durchfließt, wird niemand bezweifeln; allein ob der bloße Nachweis der Proportionalität der Feldstärke mit der Windungszahl des Kreisstromes schon als ein einwandfreier Nachweis der Proportionalität von Feldstärke und Stromstärke angesehen werden darf, diese Frage überlasse ich dem geneigten Leser obiger Aufsätze zur Entscheidung.

Der Vorwurf aber, den mir schließlich Herr Grimsehl macht, ich hätte die Schwierigkeit, daß sich die Wirkungen der Stromleiter nicht ohne weiteres addieren, besonders dann nicht, wenn der Raum mit ferromagnetischen Substanzen erfüllt ist, „vollständig übersehen“,

ist ungerechtfertigt und nur geeignet, von der eigentlichen Streitfrage abzuziehen. Ich hatte keine Veranlassung, auf jene Schwierigkeit einzugehen, da es sich für mich nur um die Frage handelte, ob es wünschenswert sei, daß auf der Oberstufe des Mittelschulunterrichtes die nicht von vornherein selbstverständliche Proportionalität zwischen Stromstärke und Stärke des Magnetfeldes experimentell nachgewiesen werde, und wie dies in schulmäßiger, einwandfreier Weise geschehen könne.

Von Herrn Hofrat Prof. VIKTOR v. LANG in Wien erhalten wir folgende Zuschrift:

In der letzten Nummer dieser Zeitschrift findet sich auf S. 385 eine posthume Notiz von A. Sella, zu der ich folgendes bemerken möchte:

Nach Maxwell (*Electricity and Magnetism, v. I, p. 274*) ist die Ablenkung der Nadel des Quadrantenelektrometers näherungsweise proportional $AC - \frac{1}{2}A^2$, wenn C das Potential der Nadel, A das Potential des einen Quadratenpaares und Null das des andern ist. Dieser Ausdruck wechselt allerdings sein Zeichen nicht mit A, aber nur solange $A^2 > 2AC$. Hiermit stimmen auch die angegebenen Zahlenbeispiele. Das ist aber nicht die Art, wie das Elektrometer benutzt wird, welches ja dazu dient, möglichst kleine A noch wahrzunehmen. Hierzu macht man C möglichst groß, so daß in obiger Formel $\frac{1}{2}A^2$ einfach vernachlässigt werden kann: dieselbe reduziert sich dann auf AC, und der Ausschlag ändert mit A sein Zeichen.

Zu dem Bericht der Unterrichtskommission der Naturforscher und Ärzte (ds. Ztschr. 20, 401) erhielten wir speziell in bezug auf Nr. 16 (S. 403) eine Zuschrift der Firma Max Kohl in Chemnitz, worin sie sich dagegen verwahrt, daß der letzte Satz des betr. Absatzes auf ihre Werkstätten bezogen wird. Dies ist sicher nicht der Fall, es dürfte vielmehr nur in der Absicht der Kommission gelegen haben, zu verhindern, daß die Ausstattung des physikalischen Kabinetts einer Firma übertragen wird, ohne daß dem Direktor und den Fachlehrern eine entscheidende Mitwirkung gewahrt bleibt.

Die vollständige Erklärung der „Astronomischen Tafel für 1908“ von M. KOPPE erscheint wiederum in einer Sonderausgabe, die von der Verlagshandlung bezogen werden kann. Der Preis beträgt M —,40; für 10 Exemplare M 3,—; für 20 Exemplare M 5,50 Die Tafel hat sich als ein vorzügliches Hilfsmittel für den Unterricht in der Astronomie bewährt; wir machen die Herren Fachkollegen von neuem darauf aufmerksam und empfehlen angelegentlichst, die Tafel in Gebrauch zu nehmen und dahin zu wirken, daß sie in recht viele Schülerhände gelangt.

Himmelserscheinungen im Februar und März 1908.

Heliozentrische Koordinaten (Länge und Breite) der Planeten für 1908 von 30 zu 30 Tagen.

1908	☿		♀		♁	♂		♃		♄	
Jan. 9	278°,2	— 5°,4	356°,6	— 3°,3	107°,8	38°,6	— 0°,3	127°,0	+ 0°,6		
Febr. 8	39,1	— 1,0	44,4	— 1,8	138,3	55,4	+ 0,2	129,4	+ 0,7		
März 9	196,5	+ 3,6	92,7	+ 1,0	168,5	71,4	+ 0,7	131,8	+ 0,7	359°,8	— 2°,3
April 8	284,1	— 5,9	141,4	+ 3,1	198,3	86,6	+ 1,1	134,1	+ 0,7		
Mai 8	51,3	+ 0,5	190,1	+ 3,1	227,5	101,1	+ 1,5	136,5	+ 0,8		
Juni 7	203,4	+ 2,8	238,2	+ 1,0	256,3	115,0	+ 1,7	138,9	+ 0,8	2,8	— 2,3
Juli 7	290,1	— 6,2	285,8	— 1,7	284,9	128,6	+ 1,8	141,2	+ 0,9		
Aug. 6	63,8	+ 2,0	333,2	— 3,3	313,6	141,8	+ 1,8	143,6	+ 0,9		
Sept. 5	210,0	+ 2,1	20,9	— 2,8	342,5	154,9	+ 1,8	145,9	+ 0,9	5,9	— 2,4
Okt. 5	296,4	— 6,5	69,0	— 0,4	11,8	168,1	+ 1,6	148,3	+ 1,0		
Nov. 4	76,6	+ 3,4	117,5	+ 2,3	41,7	181,3	+ 1,4	150,6	+ 1,0		
Dez. 4	216,4	+ 1,3	166,3	+ 3,4	72,0	194,9	+ 1,0	152,9	+ 1,0	9,0	— 2,4

Mittlere Schiefe der Ekliptik für 1908,0: 23° 27′ 4″,22.

Durchgang der Sonne durch das

Frühlingsäquinoktium	Sommersolstitium	Herbstäquinoktium	Wintersolstitium
März 21, 1ʰ 27ᵐ M.E.Z.	Juni 21, 21ʰ 19ᵐ	Sept. 23, 11ʰ 58ᵐ	Dez. 22, 6ʰ 34ᵐ.

☿ Merkur, ♀ Venus, ☉ Sonne, ♂ Mars, ♃ Jupiter, ♄ Saturn, ☾ Mond, 0^h = Mitternacht.

		Februar						März					
		3	8	13	18	23	28	4	9	14	19	24	29
☿	AR	$21^h\,59^m$	22.28	22.51	23. 1	22.56	22.40	22.22	22.11	22. 9	22.17	22.32	22.51
	D	-14^0	-10^0	-6^0	-4^0	-3^0	-4^0	-7^0	-9^0	-10^0	-11^0	-10^0	-9^0
♀	AR	$23^h\,14^m$	23.37	23.58	0.20	0.42	1. 3	1.25	1.47	2. 9	2.31	2.53	3.16
	D	-6^0	-4	-1	$+2$	$+4$	$+7$	$+9$	$+12$	$+14$	$+16$	$+18$	$+20$
☉	AR	$21^h\,3^m$	21.23	21.43	22. 2	22.22	22.41	22.59	23.18	23.36	23.54	0.13	0.31
	D	-17^0	-15	-14	-12	-10	-8	-6	-5	-3	-1	$+1$	$+3$
♂	AR	$1^h\,0^m$	1.13	1.26	1.39	1.52	2. 5	2.18	2.32	2.45	2.59	3.13	3.26
	D	$+7^0$	$+8$	$+9$	$+11$	$+12$	$+13$	$+14$	$+16$	$+17$	$+18$	$+19$	$+20$
♃	AR	$8^h\,42^m$		8.37		8.33		8.29		8.26		8.25	
	D	$+19^0$		$+19$		$+20$		$+20$		$+20$		$+20$	
♄	AR	$23^h\,44^m$						23.56					
	D	-4^0						-3					
☉	Aufg.	$7^h\,43^m$	7.34	7.25	7.15	7. 5	6.54	6.43	6.31	6.20	6.8	5.56	5.44
	Unterg.	$16^h\,45^m$	16.55	17. 5	17.14	17.23	17.33	17.42	17.51	18. 0	18. 9	18.18	18.26
☾	Aufg.	$8^h\,43^m$	10.34	13.13	18.23	—	5. 7	7.55	9.50	13.58	19.43	0.43	5. 8
	Unterg.	$18^h\,16^m$	—	5.15	8. 2	9.33	12.57	19.58	1. 4	5.17	7. 2	9. 0	14.37
Sternzeit im mittl. Mittg.		$20^h\,48^m\,57^s$	21. 8.40	21.28.23	21.48. 6	22. 7.48	22.27.31	22.47.14	23. 6.57	23.26.39	23.46.22	0. 6. 5	0.25.48
Zeitgl.		$+13^m\,52^s$	$+14\,19$	$+14.25$	$+14.12$	$+13.41$	$+12.55$	$+11.56$	$+10.45$	$+9.25$	$+7.58$	$+6.27$	$+4.55$

Mittlere Zeit = wahre Zeit + Zeitgleichung.

Mondphasen in M.E.Z.	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
	Febr. 2, $9^h\,36^m$	Febr. 9, $5^h\,28^m$	Febr. 17, $10^h\,6^m$	Febr. 25, $4^h\,24^m$
	März 2, $19^h\,57^m$	März 9, $22^h\,42^m$	März 18, $3^h\,29^m$	März 25, $13^h\,32^m$

Planetensichtbarkeit	Merkur	Venus	Mars	Jupiter	Saturn
im Februar	Mitte d. Monats $^3/_4$ Stunden lang abends sichtbar, am Schluß wieder unsichtbar	als Abendstern bis 3 Stunden lang sichtbar	$4^1/_2$ bis 4 Std. am Abendhimmel sichtbar	die ganze Nacht hindurch im Krebs sichtbar	abends nur noch $1^1/_2$ bis $^1/_2$ Stunde lang im W sichtbar
im März	unsichtbar	die Sichtbarkeitsdauer wächst bis auf 4 Stunden	die Dauer der Sichtbarkeit verringert sich bis auf $3^1/_4$ Std.	am Ende des Monats nur noch bis Mitternacht sichtbar	unsichtbar; Konjunktion am 21.

Phänomene der Jupitermonde in M.E.Z.

Febr.	4	18^h	33^m	52^s	I A	Febr.	27	18^h	46^m	38^s	I A	März	23	20^h	$26^m\,55^s$	III A
	9	20	29	46	III A	März	2	22	32	41	II A		27	19	35 10	II A
	11	20	28	23	I A		5	20	41	37	I A		28	20	55 58	I A
	18	22	23	3	I A		12	22	36	42	I A		30	20	53 33	III E
	24	19	57	36	II A		18	23	30	15	IV A		31	0	27 26	III A

Sternbedeckungen für Berlin.

	Stern	Eintritt	Q	Austritt	Q
Febr. 12	ζ Tauri	$1^h\,31^m,1$ M.E.Z.	43^0	$2^h\,14^m,3$ M.E.Z.	314^0
14	δ Gemin.	0 58 7	84	2 7 1	293

Veränderliche Sterne (M.E.Z.):

Febr. 13	19^h	Algol-Min.	März 5	$22^h\,2^m$	Algol-Min.
14	20 19^m	Algol-Min.	8	18 51	Algol-Min.
17	17 8	Cephei Max.	28	20 33	Algol-Min.

Das **Zodiakallicht** kann im Februar in den Abendstunden am Westhimmel leicht beobachtet werden.

F. Koerber.

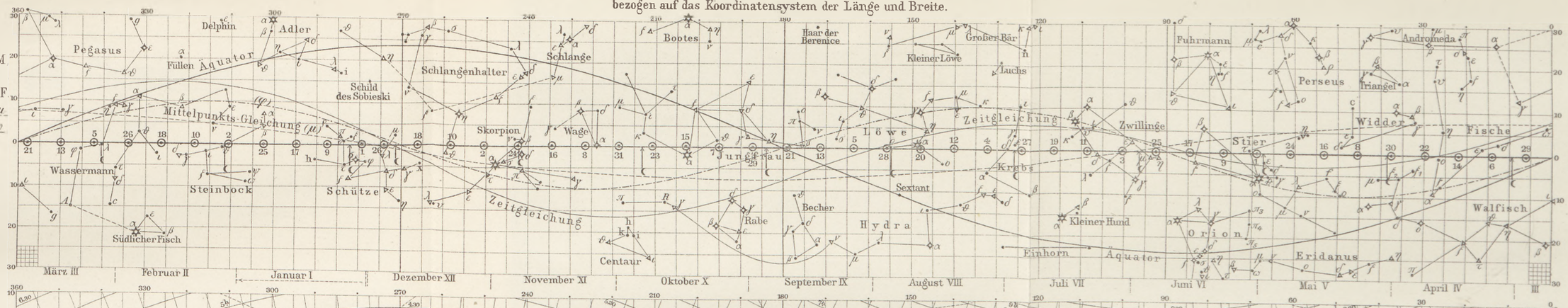
Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin N. — Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke) in Berlin N.

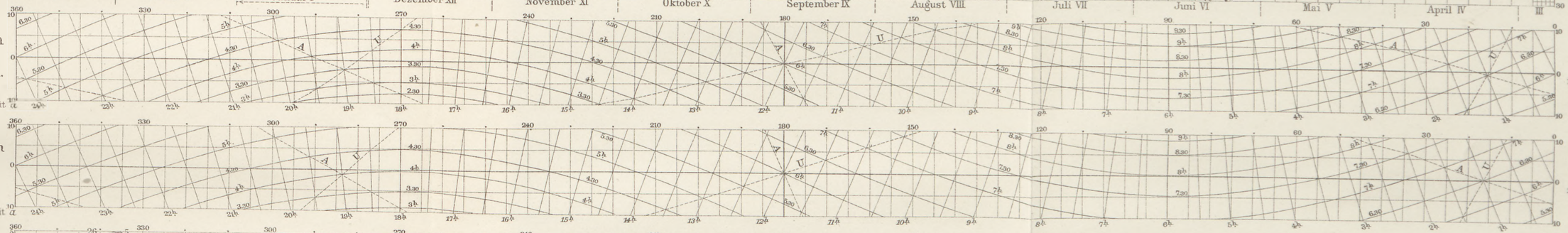
Die Bahnen der beweglichen Gestirne im Jahre 1908

bezogen auf das Koordinatensystem der Länge und Breite.

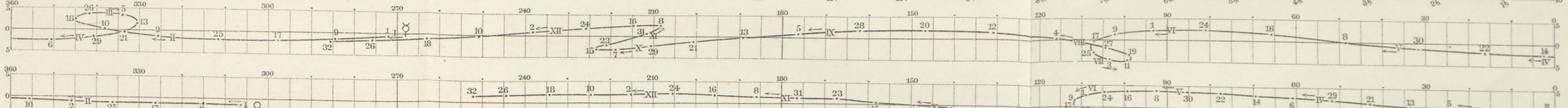
I. Tierkreisgürtel und ⊙
Länge der mittleren Sonne ⊙ M
der wahren Sonne = S,
einer fingierten auf der Ekliptik = F.
Mittelpunkts-Gleichung $\frac{S-M=\mu}{M-F=\varphi}$
(μ und φ in 4-fachem Maßstab)
Zeitgleichung (in Min) $\mu+\varphi$
(Intervall 8 Tage)
Neumond ☾
Sterngrößen
✲ ✧ △ •
1 2 3 4



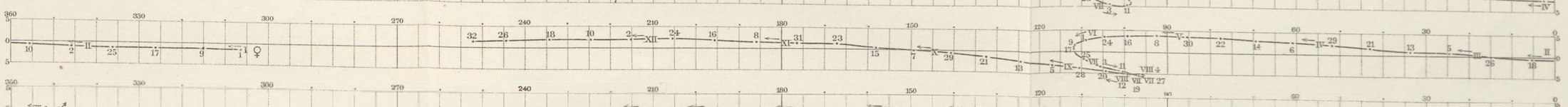
II. Halbe Tagesbogen für die Polhöhe von Berlin. ½ T.
Kulmination nach Sternzeit



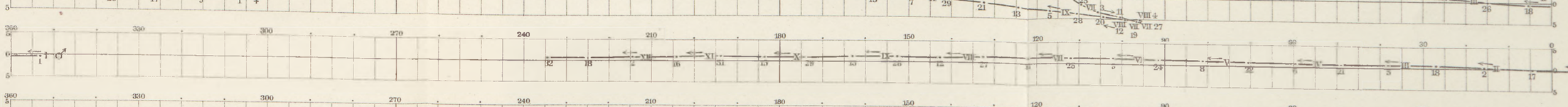
IIª Halbe Tagesbogen für die Polhöhe von Wien. ½ T.
Kulmination nach Sternzeit



III. Merkur ☿
(Intervall 8 Tage)

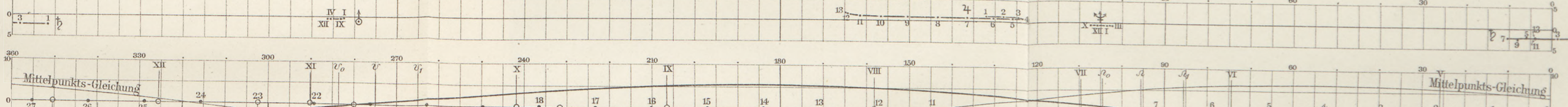


IV. Venus ♀ (8 Tage)

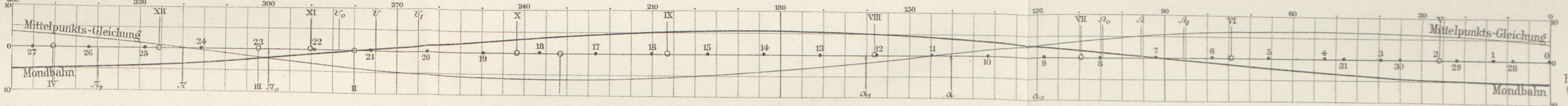


V. Mars ♂ (16 Tage)

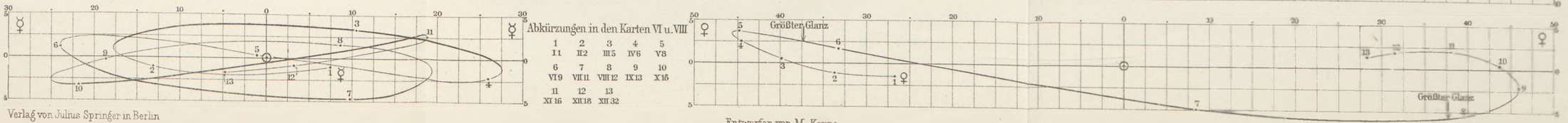
VI. Jupiter ♃ (32 Tage)
Saturn ♄ (64 Tage)
Uranus ♅ Neptun ♆



VII. Mond ☾
(Intervall 1 Tag)
Eine Tagereise



VIII. Stellung von Merkur und Venus relativ zur Sonne
(Intervall 16 Tage)
Doppelter Maßstab



Verlag von Julius Springer in Berlin
Entworfen von M. Koppe
Geogr.-lith. Anst. u. Steindr. v. C. L. Keller in Berlin